BESTSELLER *NEW YORK*

Cum funcționea lumea cu adevăr

Ghidul unui om de știi

Vaclav Smil

Cum funcţionează lumea cu adevărat

Ghidul unui om de ştiinţă pentru trecutul, prezentul şi viitorul omenirii

Traducere din limba engleză de

Constantin Dumitru-Palcus

Lifestyle Publishing

2023

Cum funcționează lumea cu adevărat

Autor: Vaclav Smil

Titlul original: How the World Really Works

First published as How the World Really Works in 2022 by Viking, an imprint of Penguin General. Penguin General is part of the Penguin Random House group of companies.

O.P. 16, Ghişeul 1, C.P. 0490, Bucureşti

Tel.: +4 021 300 60 90 ; Fax: +4 0372 25 20 20

e-mail: comenzi@edituratrei.ro

www.lifestylepublishing.ro

ISBN (print): 978-606-789-345-8

ISBN (epub): 978-606-789-400-4

Lifestyle Publishing face parte din Grupul Editorial Trei

EDITORI: Silviu Dragomir, Magdalena Mărculescu

DIRECTOR: Crina Drăghici

REDACTARE: Domnica Drumea

DESIGN: Alexe Popescu

DIRECTOR PRODUCȚIE: Cristian Claudiu Coban

DTP: Răzvan Nasea

CORECTURĂ: Irina Mușătoiu, Dușa Udrea-Boborel

Introducere

De ce avem nevoie de această carte?

Orice epocă îşi revendică unicitatea, dar deşi experienţele ultimelor trei generaţii – mai exact, deceniile scurse de la sfârşitul celui de-al Doilea Război Mondial – poate că n-au avut forţa transformatoare a celor trei generaţii care au precedat Primul Război Mondial, nu se poate spune că a fost penurie de evenimente fără precedent sau de progrese. Ce este cel mai impresionant e faptul că, în prezent, faţă de orice altă perioadă din istorie, un număr mult mai mare de oameni se bucură de un nivel de trai mai ridicat, timp de mai mulţi ani şi cu o sănătate mai bună. Totuşi, aceşti beneficiari rămân o minoritate (doar circa o cincime) din populaţia mondială, care se apropie de 8 miliarde de locuitori.

A doua realizare admirabilă este modul fără precedent în care s-a extins înţelegerea noastră în ceea ce priveşte lumea fizică, precum şi a tuturor formelor de viaţă. Cunoaşterea noastră se întinde de la generalizări grandioase despre sistemele complexe la scară universală (stele, galaxii) şi planetară (atmosferă, hidrosferă, biosferă) până la procesele de la nivelul atomilor şi genelor: liniile gravate în suprafaţa celor mai puternice microprocesoare sunt doar de circa două ori mai groase decât diametrul ADN-ului uman. Am

transformat această înțelegere într-o gamă tot mai numeroasă de maşini, dispozitive, proceduri, protocoale şi intervenții care susțin civilizația modernă, iar proporțiile enorme ale cunoaşterii noastre colective – şi modurile în care am valorificat-o în beneficiul nostru – depăşesc cu mult puterea de înțelegere a oricărei minți individuale.

Pe la 1500, puteai întâlni adevărați oameni ai Renaşterii în Piazza Signoria din Florența, dar nu pentru mult timp după aceea. Pe la mijlocul secolului al XVIII-lea, doi savanți francezi, Denis Diderot şi Jean le Rond d'Alembert, încă mai puteau să adune un grup de colaboratori bine informați care să sintetizeze nivelul de înțelegere al epocii în definiții exhaustive în a lor masivă Encyclopédie, ou Dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers. După câteva generații, amploarea şi specializarea cunoaşterii umane a avansat cu câteva ordine de mărime, ce au inclus descoperiri fundamentale, începând cu inducția magnetică (Michael Faraday în 1831, fundamentul generării electricității), continuând cu metabolismul plantelor (Justus von Liebig, 1840, baza fertilizării culturilor agricole) şi până la teoria electromagnetismului (James Clerk Maxwell, 1861, baza tuturor comunicațiilor fără fir).

În 1872, la un secol după apariția ultimului volum al Encyclopédie, orice colecție de cunoştințe trebuia să recurgă la tratarea superficială a unei varietăți de subiecte în extindere rapidă şi, după încă un secol şi jumătate, a devenit imposibil să ne rezumăm înțelegerea chiar şi în cadrul unor specialități strict delimitate. Termeni precum „fizică" sau „biologie" sunt etichete destul de lipsite de sens, iar unui expert în fizica particulelor îi va veni foarte greu să înțeleagă până şi prima pagină a unui nou articol ştiințific din domeniul imunologiei virale. În mod evident, atomizarea cunoaşterii nu a uşurat luarea niciunei decizii publice.

Ramurile extrem de specializate ale ştiinţei moderne au devenit atât de ezoterice încât cei care lucrează în cadrul lor sunt obligaţi să-şi continue pregătirea până după împlinirea vârstei de 30 de ani, ca să poată fi admişi în noul ordin preoţesc.

Chiar dacă urmează cu toţii stagii de ucenicie îndelungate, prea adesea oamenii de ştiinţă nu pot cădea de acord asupra celui mai bun plan de acţiune. Pandemia SARS-CoV-2 ne-a arătat cu claritate că dezacordurile dintre experţi se pot extinde şi asupra unor decizii aparent simple, cum ar fi purtatul măştii. La finele lunii martie a anului 2020 (la trei luni după declanşarea pandemiei), Organizaţia Mondială a Sănătăţii continua să susţină că masca trebuie purtată doar de către persoanele infectate, iar schimbarea s-a produs abia la începutul lui iunie 2020. Cum ar putea cei care nu au niciun fel de cunoştinţe specializate să adopte o poziţie sau să înţeleagă ceva din aceste dispute, care acum se sfârşesc adesea cu retractări sau cu demontarea afirmaţiilor ce înainte predominau?

Totuşi, aceste incertitudini şi dispute prelungite nu scuză proporţia în care majoritatea oamenilor înţeleg eronat mecanismele esenţiale de funcţionare a lumii moderne. În definitiv, să înţelegi cum se cultivă grâul (capitolul 2) sau cum este produs oţelul (capitolul 3) ori că globalizarea nu este nici nouă, nici inevitabilă (capitolul 4) nu e totuna cu a cere cuiva să înţeleagă femtochimia (studiul reacţiilor chimice la intervale de timp de ordinul a 10-15 secunde, Ahmed Zewail, Premiul Nobel în 1999) sau reacţiile în lanţ ale polimerazei (copierea rapidă a ADN-ului, Kary Mullis, Premiul Nobel în 1993).

Atunci de ce majoritatea oamenilor din societăţile moderne au cunoştinţe atât de superficiale despre cum funcţionează

lumea cu adevărat? O explicație evidentă ar fi complexitatea lumii moderne: oamenii interacționează permanent cu cutii negre, ale căror configurații relativ simple necesită o înțelegere minimală (sau chiar deloc) a ceea ce are loc înăuntrul acelor cutii. Lucru la fel de adevărat atât pentru dispozitive omniprezente cum sunt telefoanele mobile şi laptopurile (este de ajuns să tastăm o întrebare simplă), cât şi pentru proceduri la scară largă, precum vaccinarea (cu siguranță cel mai bun exemplu planetar al anului 2021, în care, de regulă, suflecarea unei mâneci a fost singura parte ce putea fi înțeleasă). Dar explicațiile acestui deficit de înțelegere trec dincolo de faptul că amploarea cunoştințelor noastre încurajează specializarea, al cărei revers constă într-o înțelegere tot mai superficială – chiar o ignorare – a elementelor de bază.

Urbanizarea şi mecanizarea au fost două motive importante care au dus la acest deficit de înțelegere. Începând cu anul 2007, mai mult de jumătate din omenire locuieşte în oraşe (peste 80% în toate țările bogate) şi, spre deosebire de oraşele industrializate din secolul al XIX-lea şi începutul secolului XX, cele mai multe dintre locurile de muncă din zonele urbane moderne sunt în sectorul de servicii. Astfel, majoritatea orăşenilor moderni sunt deconectați nu numai de modurile în care este produsă hrana, dar şi de modurile în care sunt construite maşinile şi dispozitivele, iar mecanizarea crescândă a întregii activități productive înseamnă că doar o parte foarte mică a populației globale este acum angrenată în furnizarea către civilizație a energiei şi materialelor din care este alcătuită lumea noastră modernă.

În acest moment, în Statele Unite ale Americii doar circa 3 milioane de bărbați şi femei (proprietari de ferme şi mâna de lucru angajată) sunt angrenați direct în producerea hranei –

oameni care ară efectiv pământurile, sădesc semințele, împrăştie îngrăşăminte, plivesc buruienile, recoltează culturile (culegerea fructelor şi legumelor este partea care necesită cantitatea cea mai mare de muncă din acest proces) şi îngrijesc animalele. Fiind vorba de mai puțin de 1% din populația țării, nu e de mirare că cei mai mulți dintre americani fie habar nu au, fie au doar o idee vagă despre cum se produce pâinea sau carnea pe care le consumă. Combinele recoltează grâul – dar oare recoltează şi boabele de soia sau de linte? În cât timp un purceluş creşte la dimensiunea necesară pentru obținerea cotletelor de porc: săptămâni sau ani? Vasta majoritate a americanilor pur şi simplu nu ştiu – şi nu sunt singurii. China este cel mai mare producător de oțel al lumii – topind, turnând şi laminând aproape un miliard de tone în fiecare an – dar toate acestea sunt realizate de mai puțin de 0,25% din populația de 1,4 miliarde de locuitori ai Chinei. Doar un procentaj minuscul al populației chineze va sta vreodată în apropierea unui furnal sau va asista la procesul de turnare continuă cu panglicile sale roşii de oțel incandescent în mişcare. Iar lipsa aceasta de conectare se întâlneşte peste tot în lume.

Celălalt motiv important care explică înțelegerea deficitară şi tot mai redusă a acelor procese fundamentale care livrează energia (sub formă de hrană sau combustibili) şi materialele durabile (fie ele metale, minerale nemetalice sau beton) este faptul că procesele respective au ajuns să fie considerate ca învechite – dacă nu chiar depăşite – şi deosebit de neinteresante în comparație cu lumea informațiilor, a datelor şi imaginilor. Proverbialele minți strălucite nu se ocupă de ştiința solului şi nu îşi încearcă priceperea în producerea unui ciment mai bun. În schimb, sunt atrase de informațiile imateriale, fluxuri de electroni într-o

multitudine de microdispozitive. De la avocaţi şi economişti la programatori şi finanţişti, recompensele disproporţionat de mari pe care le primesc sunt pentru activităţi care nu mai au nicio legătură cu realităţile materiale ale vieţii pe pământ.

Mai mult, o mare parte dintre aceşti veneratori ai datelor au ajuns să creadă că fluxurile electronice vor face inutile acele necesităţi materiale demodate. Terenurile agricole vor fi înlocuite de agricultura urbană de pe terasele blocurilor-turn, iar produsele sintetice vor elimina în cele din urmă nevoia de a mai creşte plante pentru hrană. Dematerializarea, alimentată de inteligenţa artificială, va pune capăt dependenţei noastre de masele de metal modelate şi de mineralele procesate şi până la urmă s-ar putea chiar să ne descurcăm fără mediul terestru: cine mai are nevoie de el dacă vom terraforma planeta Marte? Desigur, toate acestea nu sunt decât previziuni foarte premature, fantezii încurajate de o societate în care ştirile false au devenit ceva comun şi unde realitatea şi ficţiunea s-au întrepătruns într-o asemenea măsură, încât minţile naive, predispuse să adopte viziuni sectare, cred ceea ce nişte observatori mai vigilenţi din trecut ar fi considerat fără ezitare drept pură amăgire.

Nimeni dintre cei care citesc această carte nu se va muta pe Marte; cu toţii vom continua să mâncăm cerealele de larg consum crescute în solul unor suprafeţe întinse de teren agricol, şi nu pe terasele zgârie-norilor imaginate de susţinătorii aşa-zisei agriculturi urbane; niciunul dintre noi nu va trăi într-o lume dematerializată care să n-aibă nevoie de servicii naturale de neînlocuit, cum ar fi evaporarea apei şi polenizarea plantelor. Însă furnizarea acestor necesităţi existenţiale va fi o sarcină tot mai dificilă, pentru că o mare parte a omenirii trăieşte în condiţii pe care minoritatea

înstărită le-a lăsat în urmă de câteva generații şi deoarece creşterea cererii de energie şi materiale a solicitat biosfera atât de mult şi atât de repede, încât i-am periclitat capacitatea de a-şi menține fluxurile şi rezervele în limite compatibile cu funcționarea sa pe termen lung.

Ca să exemplificăm printr-o singură comparație esențială: în 2020, media anuală a rezervei de energie pe cap de locuitor a circa 40% din populația mondială (3,1 miliarde de oameni, care includ aproape toți locuitorii din Africa subsahariană) nu era mai mare decât rata obținută în Germania şi Franța anului 1860! Pentru a se apropia de pragul unui standard de viață demn, acele 3,1 miliarde de oameni vor trebui măcar să-şi dubleze – dar preferabil să-şi tripleze – consumul de energie pe cap de locuitor şi să-şi construiască infrastructuri urbane, industriale şi de transport esențiale. Inevitabil, aceste solicitări vor supune biosfera la o degradare şi mai mare.

Şi ce măsuri vom lua în privința schimbărilor climatice la care asistăm? Există acum un consens larg răspândit potrivit căruia trebuie să facem ceva pentru a preveni numeroasele consecințe extrem de nedorite, dar ce fel de acțiune, ce fel de transformare comportamentală ar da cele mai bune rezultate? Pentru ca aceia care ignoră imperativele energetice şi materiale ale lumii noastre, aceia care preferă mantra soluțiilor verzi ca să înțeleagă cum am ajuns în acest punct, rețeta e simplă: decarbonizarea – să trecem pur şi simplu de la arderea combustibililor fosili la transformarea fluxurilor inepuizabile de energie regenerabilă. Motivul pentru care această soluție nu stă în picioare: suntem o civilizație dependentă de combustibilii fosili. Progresul tehnic şi ştiințific, calitatea vieții şi prosperitatea noastră se bazează pe arderea unor cantități uriaşe de carbon fosil şi pur şi simplu nu putem să

renunțăm la acest factor esențial pentru bunăstarea noastră în următoarele decenii, ca să nu mai vorbim de ani.

Decarbonizarea completă a economiei globale până în 2050 poate fi imaginată acum doar cu prețul unei recesiuni economice de neconceput la nivel planetar sau ca rezultat al unor transformări extraordinar de rapide pe baza unor progrese tehnice aproape miraculoase. Dar cine va fi dispus să gestioneze recesiunea economică atât timp cât încă ne lipsesc o strategie globală convingătoare, practică şi accesibilă, precum şi mijloacele tehnice ca să realizăm transformările necesare? Distanța dintre ce ne-am dori şi realitate este imensă, dar într-o societate democratică nicio competiție de idei şi propuneri nu poate avea loc într-un mod rațional fără ca toate părțile să împărtăşească măcar un minimum de informații relevante despre lumea reală, mai degrabă decât să facă paradă de propriile preconcepții şi să avanseze afirmații care nu au nicio legătură cu posibilitățile concrete.

Cartea aceasta este o încercare de a reduce deficitul de înțelegere şi de a explica unele dintre realitățile predominante fundamentale care ne guvernează supraviețuirea şi prosperitatea. Scopul meu nu este să fac previziuni, nici să descriu scenariile uluitoare sau deprimante legate de ceea ce va urma. Nu este nicio nevoie să extindem acest gen popular, dar care dă greş mereu: pe termen lung, sunt prea multe evenimente neaşteptate şi prea multe interacțiuni complexe pe care nimeni, fie la nivel individual sau colectiv, nu le poate anticipa. Nici nu voi susține vreo interpretare specifică (părtinitoare) a realității, care să fie luată drept sursă de disperare sau de aşteptări nemărginite. Nu sunt nici pesimist, nici optimist. Sunt un om de ştiință care încearcă să explice cum funcționează

lumea cu adevărat şi voi folosi această înțelegere pentru ca noi să ne dăm seama mai bine de limitele şi oportunitățile viitoare.

În mod inevitabil, acest gen de investigație trebuie să fie selectivă, dar fiecare dintre cele şapte subiecte-cheie alese pentru examinare aprofundată trece testul necesității existențiale: nu există alegeri frivole în această listă. Primul capitol al cărții arată cum societățile noastre mari consumatoare de energie şi-au crescut constant dependența de combustibilii fosili în general şi de electricitate, cea mai flexibilă formă de energie, în particular. Aprecierea acestor realități serveşte ca un corectiv foarte necesar la afirmațiile generalizate deja (bazate pe o proastă înțelegere a realităților complexe) potrivit cărora putem decarboniza în mare grabă rezerva de energie planetară şi că va dura doar două-trei decenii până când ne vom baza numai pe conversii ale energiilor regenerabile. Deşi convertim părți tot mai mari din generarea electricității spre noile surse regenerabile (solară şi eoliană, prin opoziție cu mai vechea hidroelectricitate) şi introducem în circulație mai multe automobile electrice, decarbonizarea transportului cu camioanele, pe calea aerului şi a apei va constitui o provocare mult mai mare, aşa cum va fi şi producerea materialelor esențiale fără a recurge la combustibilii fosili.

Al doilea capitol al cărții de față se ocupă de o necesitate fundamentală pentru supraviețuire: producția de hrană. Îşi propune să explice cât de multe dintre alimentele pe care ne bazăm pentru a supraviețui, de la grâu, la tomate şi la creveți, au un lucru în comun: necesită un consum substanțial, direct şi indirect, de combustibili fosili. Conştientizarea acestei dependențe fundamentale de combustibilii fosili conduce la o înțelegere realistă a nevoii noastre continue de carbon fosil: este relativ uşor să

generezi electricitate cu ajutorul turbinelor eoliene sau al panourilor de celule solare, față de arderea cărbunelui sau a gazului natural – dar ar fi mult mai dificil să facem ca toate maşinile agricole să funcționeze fără combustibili fosili lichizi şi să producem toate îngrăşămintele şi celelalte materiale agrochimice fără gaz natural şi petrol. Pe scurt, timp de câteva decenii va fi imposibil să hrănim planeta fără să folosim combustibili fosili ca surse de energie şi materii prime.

Al treilea capitol explică de ce şi cum societățile noastre sunt susținute de materiale create de ingeniozitatea umană, concentrându-se pe ceea ce eu denumesc cei patru piloni ai civilizației moderne: amoniac, oțel, beton şi materiale plastice. Înțelegerea acestor realități pune în lumină natura înşelătoare a afirmațiilor recente privind dematerializarea economiilor moderne dominate de servicii şi dispozitive electronice miniaturizate. Declinul relativ al nevoilor materiale pe unitate în cazul multor produse finite a fost una dintre tendințele definitorii ale evoluțiilor industriale moderne. Dar, în termeni absoluți, cerințele materiale au crescut chiar şi în societățile cele mai prospere ale lumii şi rămân mult sub orice niveluri imaginabile de saturație în țările cu venituri scăzute, în care a deține un apartament bine construit, aparate electrocasnice şi aer condiționat (ca să nu mai pomenim de automobile) rămâne un vis pentru miliarde de oameni.

Capitolul patru cuprinde povestea globalizării sau cum a devenit lumea atât de interconectată prin intermediul transporturilor şi telecomunicațiilor. Această perspectivă istorică arată cât de vechi (sau putem spune chiar antice) sunt originile acestui proces şi cât de recentă este extinderea sa cea mai înaltă – şi în sfârşit cu adevărat globală. O privire mai atentă ne spune clar că nu e nimic

inevitabil în legătură cu viitorul curs al acestui fenomen perceput ambivalent (mult lăudat, mult contestat şi mult criticat). În ultima vreme, au avut loc unele retrageri clare în toată lumea şi o tendință generală spre populism şi naționalism, dar nu este limpede cât de departe vor ajunge acestea sau în ce măsură aceste schimbări vor fi modificate ca urmare a unei combinații de considerații economice, politice şi de securitate.

Capitolul cinci oferă un cadru realist pentru evaluarea riscurilor cu care ne confruntăm: societățile moderne au reuşit să elimine sau să reducă multe dintre riscurile mortale sau vătămătoare din trecut – de exemplu, poliomielita şi problemele legate de naştere – dar multe pericole ne vor însoți mereu şi în repetate rânduri nu vom reuşi să facem o evaluare corespunzătoare a riscurilor, fie subestimând, fie exagerând pericolele cu care ne confruntăm. După ce vor termina acest capitol, cititorii vor putea aprecia cum se cuvine riscurile relative ale multor expuneri involuntare şi activități voluntare comune (de la căzăturile de acasă la zborurile intercontinentale; de la a trăi într-un oraş expus la uragane la a face salturi cu paraşuta) – şi, croindu-ne drum printre aiurelile propagate de industria dietelor, vom vedea o gamă de opțiuni privind ceea ce am putea mânca pentru a trăi mai mult.

În capitolul şase vom analiza mai întâi felul în care desfăşurarea schimbărilor de mediu ne-ar putea afecta trei necesități existențiale: oxigenul, apa şi hrana. Restul capitolului se va concentra pe încălzirea globală, schimbarea care a dominat preocupările recente în ceea ce priveşte mediul înconjurător şi a condus la apariția unui catastrofism nou – aproape apocaliptic – pe de o parte, şi a negării totale a procesului, pe de altă parte. În loc să relatez şi să mă pronunț asupra acestor afirmații contradictorii

(prea multe cărți au făcut deja asta), voi sublinia că, în pofida unor percepții larg răspândite, acest fenomen nu a fost descoperit recent. Am înțeles fundamentele acestui proces de mai bine de 150 de ani. Mai mult, am conştientizat de peste un secol gradul de încălzire asociat cu dublarea bioxidului de carbon atmosferic şi am fost avertizați despre natura fără precedent (şi irepetabilă) a acestui experiment planetar cu peste o jumătate de secol în urmă (măsurătorile exacte şi neîntrerupte ale bioxidului de carbon au început în 1958). Dar noi am ales să ignorăm aceste explicații, avertismente şi fapte înregistrate. În schimb, ne-am multiplicat dependența de combustibilii fosili, creând o situație căreia nu i se va pune capăt uşor sau fără costuri. Cât de repede o putem schimba rămâne neclar. Să adăugăm la asta şi toate celelalte îngrijorări legate de mediu şi trebuie să conchidem că întrebarea existențială cheie – poate omenirea să-şi împlinească aspirațiile între limitele sigure ale biosferei noastre? – nu are răspunsuri simple. Dar este absolut necesar să înțelegem esența chestiunii. Abia după aceea vom putea aborda problema în mod eficient.

În capitolul final, voi privi spre viitor, mai exact la recentele tendințe opuse de îmbrățişare a catastrofismului (cei care spun că au mai rămas doar câțiva ani până când cortina finală va cădea peste civilizația modernă) şi tehno-optimism (cei care prezic că puterea invențiilor va deschide orizonturi nemărginite dincolo de limitările Pământului, transformând toate dificultățile terestre în poveşti lipsite de importanță). Nu este greu de bănuit că nu pun mare preț pe niciuna dintre aceste poziții şi că perspectiva mea nu va favoriza niciuna dintre doctrine. Nu întrezăresc vreo ruptură iminentă cu istoria în vreuna dintre direcții; nu văd niciun rezultat deja predeterminat, ci mai degrabă o traiectorie

complicată condiționată de alegerile noastre, care nu sunt nici pe departe prestabilite.

Două sunt fundamentele acestei cărți: descoperiri ştiințifice abundente şi o jumătate de secol de cercetări efectuate şi cărți pe care le-am scris. În prima categorie sunt incluse subiecte variate, de la contribuțiile clasice, cum ar fi elucidările de pionierat privind conversiile de energie şi gazele cu efect de seră din secolul al XIX-lea, până la ultimele evaluări ale provocărilor globale şi ale probabilităților de risc. Iar această carte bogată în cunoştințe nu ar fi putut fi scrisă fără deceniile de studii interdisciplinare pe care le-am efectuat, distilate în multele mele alte cărți. Decât să recurg la vechea comparație dintre vulpi şi arici (o vulpe cunoaşte multe lucruri, dar un arici ştie un singur lucru mare), tind să îi consider pe oamenii de ştiință moderni fie nişte săpători de puțuri din ce în ce mai adânci (în prezent, calea dominantă spre celebritate), fie exploratori ai unor orizonturi largi (acum, un grup mult diminuat).

Să sap cel mai adânc puț posibil şi să fiu un maestru neîntrecut al peticului minuscul de cer vizibil de pe fundul acestuia nu m-a atras niciodată. Am preferat întotdeauna să explorez cât mai departe şi pe o arie cât mai largă, atât cât mi-au permis capacitățile mele limitate. Principala mea zonă de interes au fost, toată viața, studiile legate de energie, pentru că o înțelegere mulțumitoare a acelui domeniu vast îți cere să combini înțelegerea fizicii, chimiei, biologiei, geologiei şi ingineriei cu atenția acordată istoriei şi factorilor sociali, economici şi politici.

Aproape jumătate dintre cele peste 40 de cărți ale mele (şi în special cele cu tentă mai academică) se ocupă de diferite aspecte ale energiei, de la studii de mare anvergură privind

energetica generală şi energia de-a lungul istoriei până la analize mai detaliate ale categoriilor individuale de combustibili (densitatea de putere, tranzițiile de energie). Restul operei mele îmi trădează căutările interdisciplinare. Am scris despre fenomene fundamentale cum ar fi creşterea – sub toate aspectele sale naturale şi antropogene – şi risc; despre mediul global (biosfera, ciclurile biogeochimice, ecologia globală, productivitatea fotosintetică şi recoltele agricole), hrană şi agricultură, materiale (mai presus de toate, oțelul şi îngrăşămintele chimice), progresele tehnice şi creşterea şi descreşterea manufacturării, precum şi despre istoria Romei antice şi a Americii moderne şi despre hrana japoneză.

În mod inevitabil, această carte – produsul muncii mele de-o viață şi scrisă pentru nespecialişti – este o continuare a strădaniei mele îndelungate de a înțelege realitățile fundamentale ale biosferei, istoriei şi lumii pe care le-am creat. Şi mai face, încă o dată, ceea ce am făcut cu statornicie vreme de decenii: susține cu tărie îndepărtarea de opiniile extreme. Susținătorii recenți (şi tot mai stridenți sau tot mai nechibzuiți) ai unor astfel de poziții vor fi dezamăgiți. Nu aici vor găsi fie lamentări privind sfârşitul lumii în 2030, fie o pasiune nebună pentru uluitoarele puteri transformatoare ale inteligenței artificiale care vor sosi mai curând decât ne-am închipuit. În schimb, cartea de față încearcă să ofere o fundație pentru o perspectivă mai cumpătată şi în mod necesar agnostică. Sper că abordarea mea rațională şi pragmatică îi va ajuta pe cititori să înțeleagă cum funcționează lumea cu adevărat şi ce şanse avem să o vedem oferind perspective mai bune generațiilor viitoare.

Dar, înainte să vă cufundați în anumite subiecte, am un avertisment şi totodată o posibilă solicitare. Cartea mea este

plină de numere (toate în sistemul metric) pentru că realitățile lumii moderne nu pot fi înțelese doar cu ajutorul unor descrieri calitative. Multe numere din carte sunt, inevitabil, fie prea mari, fie prea mici, iar astfel de realități sunt cel mai bine tratate din perspectiva ordinelor de mărime, etichetate cu prefixe valabile pe plan global. Dacă nu sunteți familiarizați cu aceste chestiuni, anexa referitoare la înțelegerea numerelor, mari sau mici, se îngrijește de asta și, prin urmare, unii cititori ar putea avea mai mult de câștigat dacă ar începe cartea de la final. Altfel, ne vedem în capitolul 1 pentru o analiză cantitativă aprofundată a energiilor. Este o perspectivă care n-ar trebui să se demodeze niciodată.

Capitolul 1

Să în**ț**elegem energia

*Combustibili **și** electricitate*

Să luăm un scenariu de science-fiction inofensiv. Nu unul în care să călătorim spre planete îndepărtate în căutarea vieții, ci unul în care Pământul și locuitorii săi sunt țintele unei monitorizări de la distanță de către o civilizație extrem de inteligentă, care își trimite sondele în galaxiile apropiate. De ce face asta? Doar pentru satisfacția de a ne cunoaște într-un mod sistematic și, de asemenea, pentru a evita poate niște surprize periculoase în eventualitatea în care a treia planetă aflată pe orbita unei stele banale dintr-o galaxie spiralată devine o amenințare, sau poate pentru situația în

care ar avea nevoie de o a doua casă. Prin urmare, această planetă face observații periodice asupra Pământului.

Să ne imaginăm că o sondă se apropie de planeta noastră o dată la fiecare 100 de ani şi că este programată să facă o a doua trecere (o inspecție mai amănunțită) numai când detectează un tip de conversie energetică anterior neobservată – schimbarea energiei dintr-o formă în alta – sau o nouă manifestare fizică condiționată de aceasta. Din perspectiva legilor fundamentale ale fizicii, orice proces – fie el ploaie, erupție vulcanică, creşterea unei plante, relația dintre prădător şi pradă din lumea animală sau dezvoltarea inteligenței umane – poate fi definit ca o succesiune de conversii energetice şi, timp de câteva sute de milioane de ani după formarea Pământului, sondele vor vedea aceleaşi tablouri variate, dar în ultimă instanță monotone, înfățişând erupții vulcanice, cutremure de pământ şi furtuni atmosferice.

Schimbări fundamentale

Primele microorganisme apar cu aproape 4 miliarde de ani în urmă, dar sondele aflate în trecere nu le înregistrează, pentru că aceste forme de viață sunt rare şi rămân ascunse, fiind asociate cu craterele hidrotermale alcaline de pe fundul oceanului. Prima ocazie pentru o examinare mai detaliată apare cu circa 3,5 miliarde de ani în urmă, când o sondă aflată în trecere înregistrează primii microbi simpli, unicelulari şi fotosintetici în mările puțin adânci: aceştia absorb radiația din infraroşul apropiat – cea aflată imediat după spectrul vizibil – şi nu produc oxigen.1 Sute de milioane de ani se scurg apoi fără vreo schimbare până când

cianobacteriile încep să folosească energia solară vizibilă pentru a transforma CO_2 şi apa în noi compuşi organici şi pentru a elibera oxigen.2

Aceasta este o schimbare radicală, care va crea atmosfera oxigenată a Pământului, şi totuşi trece mult timp până când organisme acvatice noi, mai complexe, sunt observate cu 1,2 miliarde de ani în urmă, când sondele înregistrează evoluția şi răspândirea algelor roşii viu colorate (datorită pigmentului fotosintetic ficoeritrină) şi a algelor brune, mult mai mari. Algele verzi apar după aproape o jumătate de miliard de ani şi, ca urmare a noii proliferări a plantelor marine, sondele primesc senzori mai buni pentru a monitoriza fundul oceanului. Acest lucru dă roade deoarece, cu peste 600 de milioane de ani în urmă, sondele fac o nouă descoperire epocală: existența primelor organisme alcătuite din celule diferențiate. Aceste creaturi aplatizate, moi, de pe fundul oceanului (cunoscute ca fauna Ediacaran, după domiciliul lor australian) sunt primele animale simple care au nevoie de oxigen pentru metabolism şi, spre deosebire de alge, pe care valurile şi curenții marini le aruncă de colo-colo, acestea sunt mobile.

Iar apoi sondele încep să documenteze ceea ce, comparativ vorbind, sunt schimbări rapide: în loc să treacă peste continente lipsite de viață şi să aştepte sute de milioane de ani înainte de a consemna o nouă schimbare epocală, ele încep să înregistreze apariția, răspândirea şi extincția unor mari varietăți de specii – fenomene care cresc, ating punctul culminant şi apoi descresc. Această perioadă începe cu explozia din Cambrian a micilor ființe marine de pe fundul apelor (cu 541 de milioane de ani în urmă, dominate mai întâi de trilobiți), şi continuă cu apariția primilor peşti, a amfibienilor, a plantelor de uscat şi a animalelor patrupede (şi, în consecință, extraorinar de mobile). Extincțiile

periodice reduc, sau uneori aproape că elimină această varietate şi cu doar 6 milioane de ani în urmă sondele nu găsesc niciun organism dominant pe planetă.4 Nu mult după aceea, sondele aproape că ratează semnificația unei schimbări mecanice cu implicații energetice enorme: multe animale patrupede se ridică sau merg cu stângăcie pe două picioare şi cu mai bine de 4 milioane de ani în urmă această formă de locomoție devine norma pentru maimuțele antropoide, care încep să petreacă mai mult timp pe sol decât în copaci.5

Acum, intervalele dintre raportările unor evenimente notabile către bază se restrâng de la sute de milioane la doar sute de mii de ani. În cele din urmă, descendenții acestor prime bipede (le clasificăm drept hominieni, aparținând genului Homo, de-a lungul liniei strămoşilor noştri) fac ceva care îi ajută să se îndrepte cu repeziciune către dominanța planetară. În urmă cu câteva sute de mii de ani, sondele detectează prima utilizare extrasomatică a energiei – externă propriului corp; şi anume, orice conversie de energie în afară de digerarea hranei – când unii dintre aceşti bipezi stăpânesc focul şi încep să-l folosească în mod deliberat pentru gătit, confort şi siguranță.6 Această combustie controlată transformă energia chimică a plantelor în energie termică şi lumină, cu ajutorul cărora hominienii pot consuma alimente care înainte erau greu de digerat, se încălzesc în nopțile friguroase şi țin departe animalele periculoase.7· Aceştia sunt primii paşi spre modelarea şi controlarea deliberată a mediului înconjurător la o scară fără precedent.

Tendința aceasta se intensifică odată cu următoarea schimbare notabilă: cultivarea plantelor. Cu circa 10 milenii în urmă, sondele înregistrează primele parcele de pământ cu plante cultivate în mod deliberat, în timp ce o mică parte din

fotosinteza totală de pe Pământ devine controlată şi manipulată de oameni, care domesticesc – selectează, plantează, îngrijesc şi recoltează plantele pentru beneficiul lor (întârziat).8 În scurt timp, urmează prima domesticire a animalelor. Înainte de asta, muşchii umani sunt singurele forțe primare – cele care transformă energia chimică (a hranei) în energia cinetică (mecanică) a muncii. Domesticirea animalelor de povară, începând cu vitele în urmă cu circa 9 000 de ani, furnizează prima energie extrasomatică în afară de cea a muşchilor umani – acestea sunt folosite la muncile câmpului, pentru scoaterea apei din puțuri, pentru tractarea sau transportarea încărcăturilor şi ca mijloc de transport personal.9 Iar mult mai târziu apar primele forțe primare neînsuflețite: ambarcațiunile cu pânze, cu peste cinci milenii în urmă; roțile de apă, cu peste două milenii în urmă; şi morile de vânt, cu mai bine de o mie de ani în urmă.10

După aceea, sondele nu au multe de observat, pentru că a urmat o nouă perioadă de (relativă) încetinire: secol după secol, doar repetiție, stagnare sau creştere lentă şi răspândire a acestor vechi conversii. În cele două Americi şi în Australia (unde lipseau animalele de povară şi orice forțe primare simple de natură mecanică), toată munca, până la sosirea europenilor, este efectuată de muşchii umani. În unele regiuni preindustriale ale Lumii Vechi, animalele domesticite, vântul, apa curgătoare şi căderile de apă asigură energia unei părți semnificative din măcinarea grânelor, presarea uleiului, şlefuirea uneltelor şi forjare, iar animalele de tracțiune devin indispensabile pentru muncile grele ale câmpului (la arat, mai ales, întrucât recoltarea continuă să se facă manual), transportul mărfurilor şi în războaie.

Dar, în acest punct, chiar şi în societăţile care deţin animale domestice şi forţe primare mecanice, mare parte din muncă este în continuare efectuată de oameni. Folosind valorile totale necesare aproximative ale animalelor de muncă şi oamenilor şi deducând rate de muncă zilnice tipice pe baza măsurătorilor moderne ale efortului fizic, estimez că – fie la începutul celui de-al doilea mileniu al erei noastre, fie după 500 de ani (în 1500, la începutul epocii moderne timpurii) – peste 90% din toată energia mecanică utilă era asigurată de puterea animată, divizată aproximativ între oameni şi animale, în vreme ce toată energia termică provenea din arderea combustibililor vegetali (în special lemn şi cărbune, dar şi paie şi bălegar uscat).

Şi apoi, în 1600, sonda extraterestră va intra în acţiune şi va sesiza ceva fără precedent. În loc să se bazeze numai pe lemn, o societate insulară începe să folosească tot mai mult cărbunele, un combustibil produs de fotosinteză cu zeci sau sute de milioane de ani în urmă şi fosilizat de căldură şi presiune în timpul depozitării subterane îndelungate. Potrivit celor mai fidele reconstituiri, în Anglia, cărbunele ca sursă de căldură a depăşit utilizarea combustibililor de tip biomasă în jurul anului 1620 (poate chiar mai devreme); până în 1650, arderea cărbunelui fosil furnizează două treimi din toată căldura; iar până în 1700 fracţia ajunge la 75%.11 Anglia are un start excepţional de timpuriu: toate câmpurile carbonifere care fac din Regatul Unit liderul economic mondial în secolul al XIX-lea produc deja cărbune înainte de 1640.12 Şi apoi, chiar la începutul secolului al XVIII-lea, unele mine din Anglia încep să se bazeze pe motoarele cu aburi, primele forţe primare neînsufleţite acţionate prin arderea unui combustibil fosil.

Aceste motoare au un randament atât de mic, încât pot fi instalate doar în mine, unde rezerva de combustibil este la

îndemână şi nu necesită transportarea.13 Dar, vreme de generații, Regatul Unit rămâne pentru sonda extraterestră națiunea cea mai interesantă deoarece a adoptat foarte de timpuriu acest tip de combustibil. Chiar şi în jurul anului 1800, extracția combinată de cărbune din câteva țări europene şi Statele Unite ale Americii reprezintă o mică fracție din producția britanică.

Până în 1800, sonda spațială aflată în trecere va consemna că, pe toată planeta, combustibilii vegetali continuă să asigure peste 98% din toată căldura şi lumina folosite de bipedele dominante şi că muşchii oamenilor şi ai animalelor furnizează în continuare peste 90% din energia mecanică necesară în agricultură, construcții şi manufacturare. În Regatul Unit, unde James Watt a introdus motorul cu aburi îmbunătățit în anii 1770, compania Boulton & Watt a început să construiască motoare a căror putere medie echivalează cu cea a 25 de cai puternici, dar până în 1800 vânduseră mai puțin de 500 de astfel de maşini, cu un impact aproape infim asupra puterii totale furnizate de caii de tracțiune şi lucrătorii angrenați în munca grea.14

Chiar şi până în 1850, creşterea extracției de cărbune din Europa şi America de Nord asigură nu mai mult de 7% din toată energia produsă de combustibilii fosili, aproape jumătate din toată energia cinetică utilă provine de la animalele de povară, circa 40% de la muşchii umani şi doar 15% din cele trei forțe primare neînsuflețite: roțile de apă, morile de vânt şi motoarele cu aburi care se răspândeau destul de lent. Lumea anului 1850 seamănă mult mai mult cu cea din 1700 sau chiar din 1600, decât cu cea a anului 2000.

Dar, până în 1900, cota globală atât a combustibililor fosili, cât şi a celor regenerabili, precum şi a forțelor primare se

schimbă considerabil, întrucât sursele moderne de energie (cărbunele şi unele cantităţi de ţiţei) furnizează jumătate din întreaga energie primară, iar combustibilii tradiţionali (lemn, cărbune, paie), cealaltă jumătate. Turbinele de apă din hidrocentrale generează pentru prima oară electricitate primară în anii 1880; mai târziu, vine electricitatea geotermală, iar după al Doilea Război Mondial, electricitatea nucleară, solară şi eoliană (noile regenerabile). Dar, până în 2020, peste jumătate din electricitatea mondială este generată tot prin arderea combustibililor fosili, în principal cărbune şi gaze naturale.

În 1900, forţele primare neînsufleţite furnizează circa jumătate din toată energia mecanică: motoarele cu abur produs prin arderea cărbunelui au contribuţia cea mai mare, urmate de roţile de apă mai bine proiectate şi de noile turbine de apă (introduse prima oară în anii 1830), morile de vânt şi noile turbine cu abur (la sfârşitul anilor 1880) şi în fine motoarele cu ardere internă (pe bază de benzină, şi ele introduse prima oară în anii 1880).15

Pe la 1950, combustibilii fosili asigură aproape trei sferturi din energia primară (dominată în continuare de cărbune), iar forţele primare neînsufleţite – având acum pe primul loc motoarele cu ardere internă acţionate cu benzină şi motorină – furnizează peste 80% din întreaga energie mecanică. Iar în jurul anului 2000, doar locuitorii săraci din ţările în curs de dezvoltare se bazează pe combustibilii de tip biomasă, lemnul şi paiele furnizând numai circa 12% din energia primară a planetei. Forţele primare însufleţite deţin doar un procent de 5% din energia mecanică, în vreme ce eforturile umane şi munca animalelor de tracţiune sunt înlocuite aproape complet de maşini alimentate cu lichide sau de motoare electrice.

În ultimele două secole, sondele extraterestre vor fi fost martorele unei înlocuiri rapide la nivel global a surselor de energie primară, însoțită de o expansiune şi diversificare a rezervei de energie fosilă şi de nu mai puțin rapida introducere, adoptare şi creştere a capacității noilor forțe primare neînsuflețite – primele motoare cu abur produs prin arderea cărbunelui, apoi motoarele cu ardere internă (cu pistoane şi turbine). Cea mai recentă vizită ar da la iveală o societate cu adevărat globală construită şi definită de conversii pe scară largă, staționare şi mobile ale carbonului fosil, care au loc pretutindeni, mai puțin în regiunile nelocuite ale planetei.

Utilizări moderne ale energiei

Ce diferență a făcut această mobilizare a energiilor extrasomatice? Rezerva globală de energie primară se referă de obicei la producția totală (brută), dar este mai concludent să examinăm energia care este efectiv disponibilă pentru a fi convertită în forme utile. Pentru asta, trebuie să scădem pierderile de preconsum (din timpul sortării şi curățării cărbunelui, rafinării țițeiului şi al procesării gazelor naturale), utilizarea non-energetică (în principal ca materii prime pentru industriile chimice şi de asemenea ca uleiuri lubrifiante pentru maşini – de la pompe la turbinele aeronavelor – şi ca materiale de pavaj), şi pierderile din timpul transportului electricității. Cu aceste ajustări – şi rotunjind din greu pentru a evita impresia de exactitate neîntemeiată –, calculele mele arată o creştere de 60 de ori în utilizarea combustibililor fosili în secolul al XIX-lea, una de 16 ori de-a lungul secolului XX şi, în ultimii 220 de ani, o creştere de circa 1 500 de ori.16 Această dependență

crescândă de combustibilii fosili este cel mai important factor în explicarea progresului civilizației moderne – şi totodată a preocupărilor noastre implicite legate de vulnerabilitatea stocurilor şi a impactului ecologic al arderii lor. În realitate, câştigul de energie a fost substanțial mai mare decât valoarea de 1 500 de ori pe care am menționat-o pentru că trebuie să ținem cont de creşterea concurentă a randamentelor medii de conversie.17 În 1800, arderea cărbunelui în cuptoare şi boilere pentru producerea căldurii şi a apei calde nu avea un randament mai mare de 15 – 30% şi doar 2% din cărbunele consumat de motoarele cu abur era convertit în lucru mecanic util, astfel încât randamentul general de conversie era de maximum 15%. Un secol mai târziu, cuptoarele, boilerele şi motoarele mai bune au crescut randamentul general până aproape de 20%, iar în anul 2000 rata medie de conversie era de circa 50%. În consecință, în secolul XX s-a înregistrat o creştere de aproape 40 de ori a energiei utile; față de 1800, câştigul a fost de circa 3 500 de ori.

Pentru a obține o imagine şi mai clară a magnitudinii acestor schimbări, trebuie să formulăm aceste rate în unități pe cap de locuitor. Populația globală a crescut de la 1 miliard în 1800 la 1,6 miliarde în 1900 şi la 6,1 miliarde în anul 2000, prin urmare rezerva de energie utilă a crescut (toate valorile sunt exprimate în gigajouli pe cap de locuitor) de la 0,05 în 1800 la 2,7 în 1900 şi până la circa 28 în anul 2000. Ascensiunea de după anul 2000 a Chinei pe scena mondială a fost principalul motiv al creşterii şi mai mari a ratei globale la circa 34 GJ/cap de locuitor până în anul 2020. Astăzi, un locuitor mediu al Pământului are la dispoziție de aproape 700 de ori mai multă energie utilă decât aveau strămoşii lui la începutul secolului al XIX-lea. Mai mult, în cursul vieții oamenilor născuți imediat după al

Doilea Război Mondial, creşterea ratei a fost de peste trei ori, de la circa 10 la 34 GJ/cap de locuitor între anii 1950 şi 2020. Transpunând ultima rată în echivalente pe care e mai uşor să ni le imaginăm, este ca şi cum un pământean mediu a avut în fiecare an la dispoziţia sa circa 800 de kilograme (0,8 tone sau aproape şase barili) de ţiţei sau circa 1,5 tone de cărbune bituminos de bună calitate. Iar dacă redăm asta în termeni de muncă fizică, este ca şi cum 60 de adulţi ar munci non-stop, zi şi noapte, pentru fiecare locuitor mediu al planetei; iar pentru cetăţenii ţărilor bogate, acest echivalent al adulţilor care muncesc neîncetat ar fi, de la caz la caz, în special între 200 şi 240. În medie, oamenii au acum la dispoziţie cantităţi de energie nemaipomenit de mari.

Consecinţele acestui fapt în ceea ce priveşte efortul uman, orele de muncă fizică, timp liber şi standardul de viaţă general sunt evidente. O abundenţă de energie utilă stă la baza tuturor câştigurilor de care ne bucurăm – de la o alimentaţie mai bună la transportul de masă; de la mecanizarea producţiei şi a transportului la comunicaţii electronice personale instantanee – care au devenit norma şi nu excepţia în toate ţările bogate. Schimbările recente la scară naţională sunt foarte variate. După cum era de aşteptat, ele sunt mai mici pentru acele ţări cu venituri ridicate în care se înregistra deja, încă de acum un secol, o utilizare relativ mare a energiei pe cap de locuitor, creşterea fiind mai mare la naţiunile care au cunoscut cea mai rapidă modernizare a economiilor lor începând cu 1950, în special Japonia, Coreea de Sud şi China. Între 1950 şi 2020, Statele Unite şi-au dublat, cu aproximaţie, energia utilă pe cap de locuitor furnizată de combustibilii fosili şi electricitatea primară (până la circa 150 de gigajouli); în Japonia, rata a crescut de peste cinci ori (până la aproape 80 GJ/cap de

locuitor), iar China a cunoscut o creştere uluitoare, de peste 120 de ori (până aproape de 50 GJ/cap de locuitor)18.

Să urmărim traiectoria distribuirii energiei utile este atât de concludent deoarece energia nu este doar o componentă oarecare din structura complexă a biosferei, a societăților umane şi a economiilor acestora şi nici o simplă variabilă în ecuațiile complicate care determină evoluția acestor sisteme aflate în interacțiune. Conversiile de energie sunt însăşi baza vieții şi a evoluției. Istoria modernă poate fi văzută ca o succesiune neobişnuit de rapidă a tranzițiilor la noi surse de energie, iar lumea modernă este rezultatul cumulativ al conversiilor acestora.

Fizicienii au fost primii care au înțeles importanța fundamentală a energiei în viața oamenilor. În 1886, Ludwig Boltzmann, unul dintre părinții fondatori ai termodinamicii, a descris energia liberă – energia disponibilă pentru conversii – ca fiind Kampfobject (obiect de luptă) pentru viață, care este în ultimă instanță dependentă de radiația solară.19 Erwin Schrödinger, care a primit Premiul Nobel pentru Fizică în 1933, a sintetizat baza vieții: „Lucrul cu care se hrăneşte un organism este entropie negativă" (entropia negativă sau negentropia = energia liberă).20 În anii 1920, preluând această idee fundamentală de la fizicienii secolului al XIX-lea şi începutul secolului XX, matematicianul şi statisticianul american Alfred Lotka a conchis că organismele care captează cel mai bine energia disponibilă dețin un avantaj evoluționist.21

La începutul anilor 1970, ecologistul american Howard Odum a explicat cum „tot progresul se datorează subvențiilor speciale pentru energie şi oricând şi oriunde acestea sunt eliminate, progresul dispare".22 Şi, mai recent, fizicianul Robert Ayres a subliniat în mod repetat în scrierile

sale ideea centrală de energie în toate economiile: „Sistemul economic este în esență un sistem pentru extragerea, procesarea şi transformarea energiei ca resursă în energie încorporată în produse şi servicii”.23 În termeni simpli, energia este singura monedă cu adevărat universală şi nimic (de la rotațiile galactice la viețile efemere ale insectelor) nu poate avea loc fără transformările sale.24

Date fiind toate aceste realități uşor de verificat, este greu de înțeles de ce economia modernă, acel cumul de explicații şi percepte ai cărui practicieni exercită mai multă influență asupra politicii publice decât orice alți experți, a ignorat în mare măsură energia. După cum a remarcat Ayres, economiei nu numai că-i lipseşte o conştientizare sistematică a importanței energiei pentru procesul fizic de producție, dar presupune „că energia nu contează (mult) deoarece cota-parte a costului energiei în economie este atât de mică, încât poate fi ignorată... ca şi cum producția poate fi realizată doar prin muncă şi capital – sau ca şi cum energia este doar o formă a capitalului făcut de om, care poate fi produs (prin contrast cu „extras”) prin muncă şi capital”.25

Economiştii moderni nu îşi primesc recompensele şi premiile pentru că sunt preocupați de energie, iar societățile moderne se îngrijorează în privința ei doar când aprovizionarea cu orice formă comercială de energie pare a fi periclitată şi prețurile cresc brusc. Ngram Viewer de la Google, un instrument care îți permite să vezi popularitatea termenilor care au apărut în sursele tipărite între anii 1500 şi 2019, ilustrează acest aspect: în timpul secolului XX, frecvența termenului „prețul energiei” a rămas aproape neglijabilă, până la o creştere bruscă apărută la începutul anilor 1970 (cauzată de mărirea de cinci ori de către OPEC a prețurilor la țițeiul brut; detaliile legate de acest eveniment

sunt redate mai jos, în acest capitol) şi a atins maximumul la începutul anilor 1980. După ce prețurile au scăzut, a urmat un declin similar, iar în anul 2019 termenul „prețul energiei” nu era menționat mai frecvent decât în 1972.

Nu putem înțelege cum funcționează lumea cu adevărat fără a avea măcar un minimum de educație energetică. În acest capitol voi explica mai întâi că energia poate că nu e uşor de definit, dar că este simplu să nu comitem greşeala des întâlnită de a o confunda cu puterea. Vom vedea modul în care diferite forme de energie (cu avantajele şi dezavantajele lor specifice) şi diferitele densități de energie (energia înmagazinată în unitatea de masă sau volum, mărime esențială pentru stocarea energiei şi portabilitatea acesteia) au afectat diferite etape ale dezvoltării economice şi voi face câteva estimări realiste ale dificultăților pe care le întâmpină trecerea la societăți care să se bazeze pe tot mai puțin carbon fosil. După cum vom vedea, civilizația noastră se bazează atât de mult pe combustibilii fosili, încât următoarea tranziție va dura mult mai mult decât crede majoritatea oamenilor.

Ce este energia?

Cum definim această cantitate fundamentală? Etimologia grecească este clară. Aristotel, când a scris Metafizica, a combinat ÎµÎ″ (în) cu ÎµĎ ÎłÎżÎ″ (lucru) şi a conchis că orice obiect este menținut de ÎµÎ″ÎµĎ ÎłÎµÎąÎ±26. Înțelegerea acestui fapt a înzestrat toate obiectele cu potențialul de acțiune, mişcare şi schimbare – o caracterizare deloc rea a unui potențial de a fi transformat în alte forme, prin ridicare, aruncare sau ardere.

Puţine s-au schimbat în următoarele două milenii. În cele din urmă, Isaac Newton (1643 – 1727) a formulat legile fundamentale ale fizicii care cuprind masa, forța şi impulsul, iar a doua lege a mişcării a făcut posibilă derivarea unității de bază pentru energie. Folosind unitățile ştiințifice moderne, 1 joule este o forță de 1 newton – adică, masa de 1 kilogram accelerată cu 1 m/s2 – acționând pe distanța de 1 metru.27 Dar această definiție se referă doar la energia cinetică (mecanică) şi cu siguranță nu oferă o înțelegere intuitivă a energiei în toate formele sale.

Modul nostru practic de înțelegere a energiei a fost mult extins în timpul secolului XIX datorită numeroaselor experimente din acea epocă având ca obiect arderea, căldura, radiația şi mişcarea.28 Astfel s-a ajuns la definiția energiei care a rămas cea mai comună: „capacitatea de a efectua lucru mecanic" – o definiție valabilă doar când termenul „lucru mecanic" înseamnă nu numai o anumită muncă investită, ci şi, după cum s-a exprimat unul dintre fizicienii de frunte ai epocii, „un act fizic generalizat de a produce o schimbare de configurație într-un sistem în opoziție cu o forță care se opune acelei schimbări".29 Dar şi aceasta este încă prea newtoniană pentru a fi intuitivă.

Nu există o modalitate mai bună de a răspunde la întrebarea „ce este energia?" decât prin referire la unul dintre cei mai intuitivi fizicieni ai secolului XX – la mintea versatilă a lui Richard Feynman, cel care (în celebra sa lucrare Lectures on Physics[1]) a abordat provocarea în maniera sa directă, subliniind că „energia are un mare număr de forme diferite şi pentru fiecare dintre ele există o

---

[1] În limba română a apărut în 1969, la Editura Tehnică, sub titlul Fizica modernă, în 3 volume. (N.t.)

formulă. Acestea sunt: energia gravitațională, energia cinetică, energia calorică, energia elastică, energia electrică, energia chimică, energia radiantă, energia nucleară, energia masei”.

După care vine această concluzie dezarmantă, dar indubitabilă:

Este important să ne dăm seama că, în fizica de astăzi, nu ştim ce este energia. Nu avem o imagine care să ne spună că energia se găseşte sub forma unor picături de o cantitate definită. Lucrurile nu stau aşa. Totuşi, există formule pentru calcularea unor cantități numerice, iar când le adunăm pe toate obținem... mereu acelaşi număr. Este o chestie abstractă prin faptul că nu ne spune mecanismul sau motivele pentru diferitele formule.30

Şi într-adevăr aşa a fost. Putem folosi formule pentru a calcula, foarte precis, energia cinetică a unei săgeți în mişcare sau a unui avion în zbor, sau energia potențială a unui bolovan masiv care e pe punctul de a se rostogoli de pe un munte, sau energia termică eliberată în urma unei reacții chimice, sau energia luminoasă (radiantă) a unei lumânări pâlpâitoare sau a unui laser – dar nu putem reduce aceste energii la o singură entitate, uşor de descris în mintea noastră.

Însă natura alunecoasă a energiei nu a tulburat armatele de experți ocazionali. Încă de la începutul anilor 1970, când energia a devenit un subiect important în discursul public, aceştia şi-au expus opiniile în chestiunile legate de energie cu ignoranță şi zel. Energia se numără printre cele mai eluzive şi mai greşit înțelese concepte şi o proastă înțelegere

a realităților de bază a dus la multe iluzii şi amăgiri. După cum am văzut, energia există sub diferite forme, iar pentru a ne-o face utilă trebuie să convertim o formă a ei într-un alt tip. Dar tratarea monolitică a acestei noțiuni abstracte cu fațete multiple a reprezentat norma, ca şi cum diferitele forme de energie se puteau substitui fără eforturi.

Unele dintre aceste substituiri sunt atât relativ uşoare, cât şi benefice. Înlocuirea lumânărilor (energia chimică a cerii transformată în energie radiantă) cu becurile electrice alimentate cu electricitate generată de turbinele cu aburi (energia chimică a combustibililor transformată mai întâi în căldură şi apoi în energie electrică, ce este apoi transformată în energie radiantă) a avut drept rezultat multe beneficii evidente (un tip de energie mai sigur, mai luminos, mai ieftin, mai fiabil). Înlocuirea motoarelor de locomotive acționate cu aburi sau alimentate cu motorină cu motoare electrice a permis obținerea unui mijloc de transport mai ieftin, mai curat şi mai rapid: toate trenurile aerodinamice de mare viteză sunt electrice. Totuşi multe dintre substituirile dezirabile rămân mai scumpe sau sunt posibile dar inaccesibile ca preț pentru o anumită perioadă, ori sunt imposibile la proporțiile cerute – oricât de tare le-ar lăuda virtuțile susținătorii lor.

Maşinile electrice sunt un exemplu la îndemână pentru prima categorie: acum disponibile cu uşurință, cele mai bune modele sunt destul de fiabile, dar în 2020 continuau să fie mai scumpe decât vehiculele de dimensiuni similare acționate de motoare cu combustie internă. Pentru cea de-a doua categorie, aşa cum voi detalia în capitolul următor, sinteza amoniacului necesar pentru producerea îngrăşămintelor azotoase depinde acum în mare măsură de gazul natural ca sursă de hidrogen. Hidrogenul poate fi produs în schimb prin descompunerea apei (prin electroliză),

dar această metodă rămâne de aproape cinci ori mai scumpă decât atunci când acest element este derivat din metanul abundent şi ieftin – şi mai avem încă de aşteptat până când vom crea o industrie a hidrogenului la scară largă. Iar zborurile comerciale pe distanțe lungi acționate cu electricitate (echivalent cu zborul unui Boeing 787 alimentat cu kerosen de la New York la Tokyo) sunt un exemplu remarcabil pentru ultima categorie: aşa cum vom vedea, aceasta este o conversie de energie care va rămâne nerealistă pentru multă vreme de-acum încolo.

Prima lege a termodinamicii stabileşte că nicio energie nu este vreodată pierdută în timpul conversiilor: fie de la chimică la chimică când digerăm hrana; de la chimică la mecanică atunci când mişcăm muşchii; de la chimică la termică atunci când ardem gazul natural; de la termică la mecanică atunci când rotim o turbină; de la mecanică la electrică într-un generator; sau din electrică în electromagnetică atunci când lumina iluminează pagina pe care o citeşti. Totuşi, în urma oricărei conversii de energie rezultă o căldură disipată de temperatură joasă. Nicio cantitate de energie nu s-a pierdut, dar utilitatea ei, capacitatea de a efectua lucru mecanic util, a dispărut (a doua lege a termodinamicii).31

Toate formele de energie pot fi măsurate în aceleaşi unități – joule este unitatea ştiințifică, iar caloriile sunt des folosite în studiile nutriționale. În capitolul următor, când voi detalia enormele subvenții energetice care intră în producția modernă de hrană, ne vom întâlni cu realitatea diferitelor calități ale energiei. Producția de pui necesită energii al căror total este de câteva ori mai mare decât conținutul energetic al cărnii comestibile. Deşi putem calcula proporția subsidiilor în termeni de cantități de energie (jouli care intră/jouli care ies) – există, în mod evident, o diferență

fundamentală între inputuri şi outputuri: nu putem digera motorină sau electricitate, în vreme ce carnea slabă de pui este un aliment aproape perfect digerabil ce conține proteine de calitate înaltă, un macronutrient indispensabil care nu poate fi înlocuit de o cantitate egală de energie din lipide sau carbohidrați.

Sunt multe variante disponibile când vine vorba de conversii energetice, unele cu mult mai bune decât altele. Densitățile mari ale energiei chimice din kerosen şi motorină sunt excelente pentru zborurile şi transportul naval intercontinental, dar dacă vrei ca submarinul tău să rămână sub apă în timp ce traversează Oceanul Pacific, atunci cea mai bună alegere este fisiunea uraniului îmbogățit într-un mic reactor care să producă electricitate.32 Şi, revenind pe uscat, reactoarele nucleare mari sunt producătoarele cele mai fiabile de electricitate. Unele dintre ele generează acum într-o proporție de 90-95% din timp, față de circa 45% pentru cele mai bune turbine eoliene depărtate de coastă şi 25% pentru celulele fotovoltaice chiar şi în cele mai însorite regiuni – în vreme ce panourile solare din Germania produc electricitate doar circa 12% din timp.33

Aici este vorba de noțiuni simple de fizică sau inginerie electrică, dar este remarcabil cât de des sunt ignorate aceste realități. O altă greşeală comună este confundarea energiei cu puterea, iar asta se întâmplă chiar mai frecvent. Ea trădează ignoranță în materie de fizică elementară şi una care, în mod regretabil, nu este limitată la utilizarea nespecialiştilor. Energia este o mărime scalară, care în fizică este o cantitate descrisă doar de mărimea ei; volumul, masa, densitatea, timpul şi viteza sunt alte mărimi scalare des întâlnite. Puterea măsoară energia în unitatea de timp şi prin urmare este o rată (în fizică, rata măsoară schimbarea, de obicei într-un timp dat).

Instalațiile care generează electricitate sunt denumite de obicei „uzine de putere”[2] – dar puterea este pur şi simplu rata producției de energie sau de utilizare a energiei. Puterea este egală cu energia împărțită la timp: în unități ştiințifice avem wați = jouli/secunde. Energia este puterea înmulțită cu timpul: jouli = wați × secunde. Dacă aprinzi o mică lumânare votivă într-o biserică romano-catolică, s-ar putea să ardă timp de 15 ore, convertind energia chimică a cerii în căldură (energie termică) şi lumină (energie electromagnetică) cu o putere medie de aproape 40 de wați.34

Din nefericire, chiar şi publicațiile inginereşti scriu adesea despre o „centrală de putere care generează 1 000 MW de electricitate”, dar acest lucru este imposibil. O centrală electrică poate avea o putere instalată (nominală) de 1 000 megawați – cu alte cuvinte, poate produce electricitate la acea rată – dar făcând asta va genera 1 000 de megawați-ore sau (în unități ştiințifice fundamentale) 3,6 bilioane de jouli într-o oră (1 000 000 000 wați × 3 600 secunde). Analog, rata metabolică bazală a unui bărbat adult (energia necesară în repaus complet pentru îndeplinirea funcțiilor esențiale ale organismului) este de circa 80 wați, sau 80 jouli pe secundă; numai ca să stea întins în pat toată ziua, un bărbat de 70 de kilograme tot va avea nevoie de circa 7 megajouli (80 × 24 × 3 600) de energie din alimente sau aproximativ 1 650 kilocalorii, pentru a menține temperatura corporală, pentru a-şi energiza bătăile inimii şi pentru ca multitudinea de reacții enzimatice să poată avea loc.35

---

[2] Termenul englezesc este power plant; în română se foloseşte termenul centrală electrică sau energetică. (N.t.)

Cel mai recent, o înțelegere deficitară a energiei i-a făcut pe susținătorii noii lumi verzi să ceară cu naivitate trecerea aproape instantanee de la abominabilii combustibili fosili, poluanți şi finiți, la electricitatea solară superioară, verde şi veşnic regenerabilă. Însă hidrocarburile lichide rafinate din țiței (benzina, kerosenul aviatic, motorina, țițeiul greu rezidual) au cele mai mari densități energetice dintre toți combustibilii disponibili şi prin urmare sunt în mod clar cei mai potriviți pentru acționarea tuturor mijloacelor de transport.

Iată o scară a densităților (toate valorile exprimate în gigajouli pe tonă): lemn uscat în aer, 16; cărbune bituminos (în funcție de calitate), 24 – 30; kerosen şi motorină, circa 46. În termeni volumetrici (toate valorile exprimate în gigajouli pe metru cub), densitățile energetice sunt de doar 10 pentru lemn, 26 pentru cărbunele de calitate, 38 pentru kerosen. Gazul natural (metanul) conține doar 35 MJ/m3 – sau mai puțin de 1/1 000 din densitatea kerosenului.36

Implicațiile densității energetice – precum şi ale proprietăților fizice ale combustibililor – pentru transport sunt evidente. Navele transatlantice acționate de motoare cu abur nu ard lemn pentru că, păstrând celelalte mărimi egale, lemnul de foc ar ocupa un volum de 2,5 ori mai mare decât cel al cărbunelui bituminos necesar pentru traversarea oceanului (şi ar fi cu cel puțin 50% mai greu), reducând considerabil capacitatea navei de a transporta oameni şi mărfuri. Nu ar putea să existe avioane acționate cu gaz natural deoarece densitatea energetică a metanului este cu trei ordine de mărime mai mică decât cea a kerosenului aviatic, aşa cum n-ar putea să existe zboruri acționate de cărbune – diferența de densitate nu este atât de mare, dar cărbunele nu ar putea să curgă de la rezervoarele din aripi la motoare.

Iar avantajele combustibililor lichizi nu se rezumă la densitatea energetică mare. Spre deosebire de cărbune, țițeiul este mult mai uşor de produs (nu e nevoie să trimiți mineri în subteran sau să urâțeşti peisajul cu mari gropi deschise), de depozitat (în bazine sau în subteran – datorită densității energetice mult mai mari a petrolului, orice spațiu închis poate stoca în mod obişnuit cu 75% mai multă energie sub formă de combustibil lichid față de cărbune) şi de distribuit (intercontinental cu tancuri petroliere şi prin conducte, cel mai sigur transfer de masă pe distanțe lungi) şi, în consecință, este uşor disponibil la cerere.37 Petrolul brut trebuie rafinat pentru a separa amestecul complex de hidrocarburi în anumiți combustibili – benzina fiind cea mai uşoară; păcura, cea mai grea – dar acest proces generează mai mulți combustibili valoroşi pentru utilizări specifice şi de asemenea rezultă produse indispensabile necombustibile, cum ar fi lubrifianții.

Lubrifianții sunt necesari pentru minimizarea frecării în toate, de la masivele motoare cu turbină ale avioanelor cu reacție de mari dimensiuni până la rulmenții miniaturali.38 Pe plan global, sectorul auto, având acum peste 1,4 miliarde de vehicule pe şosele, este cel mai mare consumator, urmat de utilizarea în industrie – cele mai mari piețe fiind textilele, energia, industria chimică şi procesarea alimentelor – şi în navele de pe oceane. Anual, consumul acestor compuşi depăşeşte acum 120 megatone (pentru comparație, producția globală a tuturor uleiurilor comestibile, de la cel de măsline la cel de soia, este în prezent de circa 200 megatone pe an), şi, dat fiind că alternativele disponibile – lubrifianții sintetici obținuți din compuşi mai simpli, dar care adesea se bazează tot pe petrol, în locul celor derivați direct din țiței – sunt mai scumpe, această cerere va creşte

şi mai mult pe măsură ce aceste industrii se extind pe toată planeta.

Un alt produs derivat din țiței este asfaltul. Producția globală pentru acest material negru şi lipicios este acum de ordinul a 100 de megatone, din care 85% intră în pavaje (amestecuri de asfalt fierbinte şi cald) şi cea mai mare parte din rest la izolarea acoperişurilor.39 Iar hidrocarburile mai au o utilizare indispensabilă non-combustibilă: ca materii prime pentru multe sinteze chimice (dominate de etan, propan şi butan din gazul natural lichefiat) care produc o mare varietate de fibre sintetice, răşini, adezivi, coloranți, vopsele şi materiale pentru acoperiri, detergenți şi pesticide, toate fiind vitale într-o multitudine de moduri pentru lumea noastră modernă.40 Ținând cont de aceste avantaje şi beneficii, era previzibil – ba chiar inevitabil – ca dependența noastră de țiței să crească din momentul în care produsul a devenit mai accesibil ca preț şi a putut fi livrat pe tot globul în condiții de siguranță.

Trecerea de la cărbune la țiței s-a realizat în mai multe generații. Extracția comercială de țiței a început în anii 1850 în Rusia, Canada şi SUA. Puțurile, forate prin metoda străveche a percuției, care presupunea ridicarea şi căderea unei sape tăietoare grele, erau puțin adânci, productivitatea lor zilnică era scăzută, iar gazul lampant (care a înlocuit untura de balenă şi lumânările) era principalul produs al rafinării simple a țițeiului.41. Noile piețe pentru produsele rafinate din petrol au fost create numai după adoptarea pe scară largă a motoarelor cu ardere internă: mai întâi cele alimentate cu benzină (ciclul Otto) destinate automobilelor, autobuzelor şi camioanelor; apoi motoarele mai eficiente ale lui Rudolf Diesel, alimentate cu fracțiunea mai grea şi mai ieftină (ați ghicit, motorina) şi utilizate în special la nave, camioane şi maşinile grele (pentru mai multe detalii despre

aceste aspecte, vezi capitolul 4 despre globalizare). Răspândirea acestor noi forțe motrice a fost lentă, iar Statele Unite şi Canada erau singurele două țări cu procentaje mari de deținători de automobile înaintea celui de-al Doilea Război Mondial.

Petrolul brut a devenit un combustibil global şi, în cele din urmă, cea mai importantă sursă de energie primară a planetei, ca urmare a descoperirii câmpurilor petroliere gigantice din Orientul Mijlociu şi din URSS – şi, fireşte, ca urmare a apariției marilor tancuri petroliere. Unele dintre puțurile gigantice din Orientul Mijlociu au fost săpate prima oară în anii 1920 şi 1930 (Gachsaran din Iran şi Kirkuk din Irak în 1927, Burgan din Kuweit în 1937), dar în majoritate ele au fost descoperite după război, inclusiv Ghawar (cel mai mare din lume) în 1948, Sfaniya în 1951 şi Manifa în 1957, toate în Arabia Saudită. Cele mai mari descoperiri sovietice au avut loc în 1948 (Romaşkino în bazinul Volga-Urali) şi în 1965 (Samotlor din vestul Siberiei).42

Creşterea şi relativa descreştere a țițeiului

Utilizarea pe scară largă a automobilelor în Europa şi Japonia şi trecerea concomitentă a economiilor acestor țări de la cărbune la petrol brut şi ulterior la gazul natural a început abia în anii 1950, aşa cum s-a întâmplat şi cu expansiunea comerțului şi călătoriilor internaționale (incluzând primele avioane mari cu reacție pentru pasageri) şi cu utilizarea materiilor prime petrochimice pentru sinteza amoniacului şi materiale plastice. Extracția globală de țiței s-a dublat în anii 1950, iar în 1964 petrolul brut a devenit

cel mai important combustibil fosil al planetei, detronând cărbunele, dar deşi producţia a continuat să crească, rezervele rămâneau îndestulătoare, aşa încât preţurile scădeau. În valori ajustate după inflaţie, preţul mondial al petrolului era mai scăzut în 1950 decât în 1940, mai scăzut în 1960 decât în 1950 şi, la fel, mai mic în 1970 decât în 1960.43

Deloc surprinzător, cererile veneau din toate sectoarele. În termeni reali, ţiţeiul era atât de ieftin încât nu exista nicio motivaţie pentru a fi folosit în mod eficient. Casele americane din regiuni cu climă rece, încălzite în proporţie tot mai mare cu sobe cu petrol, aveau ferestrele cu panouri simple de geam şi fără o izolare adecvată a zidurilor; randamentul mediu al maşinilor americane a scăzut de fapt în perioada 1933-1973; iar industriile energo-intensive au continuat să opereze pe baza unor procese ineficiente.44 Probabil cel mai demn de remarcat este faptul că ritmul de înlocuire a vechilor cuptoare Martin (cu vatră deschisă) cu cuptoarele superioare cu oxigen în producerea oţelului a fost mult mai lent decât în Japonia şi Europa Occidentală.

Spre sfârşitul anilor 1960, cererea pentru petrol, deja mare pe piaţa americană, a crescut cu aproape 25%, iar pe plan global cererea a crescut cu aproape 50%. În Europa, cererea aproape s-a dublat între 1965 şi 1973, iar importurile japoneze s-au mărit de circa 2,3 ori.45 Aşa cum am menţionat, noile descoperiri de zăcăminte petroliere au acoperit această creştere accelerată a cererii, iar petrolul se vindea la un preţ care în esenţă era acelaşi ca în 1950. Totuşi, această situaţie era prea frumoasă ca să dureze. În 1950, Statele Unite încă produceau 53% din tot petrolul lumii; în 1970, deşi a rămas cel mai mare producător, cota parte a Statelor Unite a scăzut la mai puţin de 23% – şi era clar că ţara va avea nevoie de importuri crescute – în vreme

ce Organizația Țărilor Exportatoare de Petrol (OPEC[3]) producea 48%.

OPEC, înființată în 1960 la Bagdad de numai cinci țări pentru a preveni o scădere şi mai mare a prețului, a avut timpul de partea sa: în anii 1960 nu era îndeajuns de mare ca să se impună, dar în 1970 cota sa parte din producție, combinată cu scăderea extracției din America (care a cunoscut un vârf în 1970), a făcut ca solicitările sale să fie imposibil de ignorat.46

În aprilie 1972, Comisia pentru Căi Ferate a statului Texas şi-a ridicat limitele impuse asupra producției statului şi, prin urmare, a cedat controlul asupra prețului, pe care îl deținea din anii 1930. În 1971, Algeria şi Libia au început să-şi naționalizeze producția de petrol, urmate de Irak în 1972, acelaşi an în care Kuweit, Qatar şi Arabia Saudită au început preluarea treptată a câmpurilor lor petrolifere – care, până în acel moment, fuseseră în mâinile unor corporații străine. Apoi, în aprilie 1973, Statele Unite au pus capăt limitelor impuse asupra importului de țiței la est de Munții Stâncoşi. Dintr-odată, piața petrolului a devenit o piață a vânzătorului (cererea a depăşit oferta), iar pe 1 octombrie 1973, OPEC şi-a ridicat prețul afişat cu 16%, la 3,01 dolari pe baril, după care şase state din Golful Persic au crescut prețul cu încă 17% şi, după victoria Israelului asupra Egiptului în Sinai din octombrie 1973, s-a instituit embargoul asupra tuturor exporturilor de petrol către SUA.

Pe 1 ianuarie 1974, statele din Golf au crescut prețul afişat la 11,65 dolari pe baril, definitivând o creştere de 4,5 ori a

[3] Acronim pentru Organization of the Petroleum Exporting Countries. (N.t.)

costului acestei surse esențiale de energie într-un singur an – ceea ce a pus capăt epocii de expansiune economică rapidă care a fost alimentată de petrolul ieftin. Între 1950 şi 1973, producția economică a Europei Occidentale aproape că s-a triplat, iar produsul național brut (PNB) al SUA a crescut de peste două ori în decursul acelei singure generații. Între 1973 şi 1975, rata de creştere economică globală a scăzut cu circa 90% şi de îndată ce economiile afectate de prețurile mai mari ale petrolului au început să se adapteze la aceste realități noi – în primul rând prin creşteri impresionante ale randamentelor energetice industriale – căderea monarhiei iraniene şi instaurarea în Iran a teocrației fundamentaliste a dus la un al doilea val de creşteri ale prețului petrolului, de la circa 13 dolari în 1978 la 34 de dolari în 1981, şi la un nou declin de 90% în rata globală a creşterii economice între anii 1979 şi 1982.47

Prețul de peste 30 de dolari pe baril era unul apt să distrugă cererea, astfel că în 1986 petrolul se vindea din nou cu 13 dolari barilul, pregătind terenul pentru încă o rundă a globalizării – de data asta centrată pe China, a cărei rapidă modernizare era dirijată de reformele economice ale lui Deng Xiaoping şi de investițiile străine masive. După două generații, doar cei care au trăit în acei ani de harababură a prețurilor şi ofertelor (sau aceia, tot mai puțini, care au studiat impactul acestora) pot aprecia cât de traumatice au fost aceste două valuri de scumpiri. Consecințele reversiunilor economice rezultante se fac simțite şi după patru decenii, pentru că, după ce a început să fie tot mai mare cererea de petrol, multe măsuri de economisire a petrolului au rămas în picioare, iar unele – mai ales tranzițiile spre utilizări industriale mai eficiente – au continuat să se intensifice.48

În 1995, extracția de țiței a depășit în sfârșit recordul din 1979 și a continuat să crească, satisfăcând cererea Chinei reformate economic, precum și cererea în creștere din alte locuri din Asia – dar petrolul nu și-a mai recâștigat dominația relativă de dinainte de 1975.49 Cota sa parte ca sursă de energie primară comercială pe plan global a scăzut de la 45% în 1970 la 38% în anul 2000 și la 33% în 2019 – și acum este cert că declinul său relativ va continua pe măsură ce consumul de gaz natural și generarea de electricitate eoliană și solară vor continua să crească.

Există oportunități enorme pentru a genera mai multă electricitate cu celulele fotovoltaice și turbinele eoliene, dar e o diferență fundamentală între sistemele care obțin 20 – 40% din electricitate din aceste surse intermitente (Germania și Spania sunt cele mai bune exemple dintre economiile mari) și o sursă de electricitate națională care să se bazeze în întregime pe aceste fluxuri regenerabile.

Pentru ca națiunile mari, cu populație numeroasă, să se bazeze complet pe aceste surse regenerabile ar fi nevoie de lucruri pe care încă nu le avem: fie o capacitate mare de stocare pe termen lung (de ordinul zilelor sau săptămânilor) a electricității, care să susțină generarea intermitentă a electricității, fie rețele extinse de linii de înaltă tensiune care să transmită electricitatea pe distanța câtorva fusuri orare și de la regiunile însorite și vântoase la principalele concentrări urbane și industriale. Pot aceste noi regenerabile să producă suficientă electricitate pentru a înlocui nu doar actuala generație alimentată cu cărbune și gaze naturale, dar și întreaga energie care acum este furnizată de combustibilii lichizi pentru vehicule, nave și avioane prin intermediul unei electrificări complete a transportului? Și chiar pot ele să realizeze aceste lucruri,

după cum promit acum unele planuri, într-o perioadă de doar două sau trei decenii?

Numeroasele avantaje ale electricității

Dacă energia, după cum spune Feynman, este „o chestie abstractă”, atunci electricitatea este una dintre formele ei cele mai abstracte. Nu trebuie să ai prea multe cunoştinţe ştiinţifice pentru a avea o experienţă directă a câtorva tipuri de energie, să le distingi formele şi să beneficiezi de pe urma conversiilor lor. Combustibilii solizi sau lichizi (energia chimică) sunt tangibili (un trunchi de copac, o bucată de cărbune, o canistră de benzină), iar arderea lor – fie că are loc în incendii de pădure, în peşterile paleoliticului, în locomotive pentru producerea aburului sau în motoarele vehiculelor – eliberează căldură (energie termică). Căderile de ape şi apele curgătoare sunt manifestări omniprezente ale energiilor gravitaţională şi cinetică, ce pot fi uşor convertite în energie cinetică (mecanică) utilă prin construirea unor roţi de apă simple din lemn – şi tot ce e nevoie pentru a converti energia cinetică a vântului în energie mecanică folosită la măcinarea cerealelor sau presarea seminţelor pentru ulei este o moară de vânt şi angrenaje din lemn ca să transfere mişcarea la pietrele de moară.

Prin contrast, electricitatea este intangibilă şi nu putem avea o accepţie intuitivă a ei aşa cum avem în privinţa combustibililor. Dar efectele ei pot fi văzute în electricitatea statică, scântei, fulgere; putem simţi curenţii mici, iar curenţii de peste 100 de miliamperi pot fi mortali. Definiţiile

comune ale electricităţii nu sunt accesibile instinctiv, ci necesită o cunoaştere prealabilă a altor termeni funcţionali, cum ar fi „electroni”, „flux”, „sarcină” şi „curent”. Deşi Feynman, în primul volum al operei sale influente Lectures on Physics, a fost destul de superficial – „există energie electrică, care are de-a face cu împingerea şi tragerea efectuate de sarcinile electrice” – când a revenit în detaliu asupra subiectului în al doilea volum, care se ocupă de energiile mecanică şi electrică şi cu curenţii constanţi, a folosit analiza matematică în tratarea subiectului.50

Pentru majoritatea locuitorilor săi, lumea modernă este plină de cutii negre, dispozitive a căror funcţionare internă rămâne – în diferite măsuri – un mister pentru utilizatorii lor. Putem considera electricitatea ca un sistem omniprezent şi suprem de cutie neagră: deşi mulţi oameni înţeleg destul de bine ce intră în acea cutie neagră (arderea combustibilului fosil într-o termocentrală mare; căderea apei într-o hidrocentrală; radiaţia solară absorbită de o celulă fotovoltaică; fisiunea uraniului într-un reactor) şi toată lumea beneficiază de pe urma a ceea ce iese (lumină, căldură, mişcare), doar o minoritate înţelege pe deplin ce se întâmplă în interiorul centralelor generatoare, al transformatoarelor, al liniilor de transmisie şi al dispozitivelor de utilizare finală.

Fulgerul, cea mai răspândită demonstraţie naturală a electricităţii, este prea puternic, prea scurt (doar o fracţiune de secundă) şi prea distructiv pentru a fi (vreodată?) valorificat pentru o utilizare productivă. Şi, cu toate că oricine poate produce cantităţi minuscule de electricitate statică frecând între ele materiale potrivite sau folosind baterii mici care pot susţine, fără reîncărcare, ore de iluminat în baterii şi electronice portabile, generarea electricităţii pentru utilizare comercială pe scară largă este o

întreprindere costisitoare şi complicată. Distribuirea ei din locurile unde este generată în locurile şi regiunile în care este folosită cel mai mult – spre oraşe, industrii şi forme electrificate de transport rapid – este la fel de complicată: necesită transformatoare şi rețele extinse de linii de înaltă tensiune şi, după alte transformări, distribuirea prin cabluri de joasă tensiune, suspendate sau subterane, la miliarde de consumatori.

Şi chiar în această epocă a miracolelor electronice high-tech este în continuare imposibil să se stocheze electricitatea cu costuri convenabile şi în cantități suficiente pentru a satisface necesarul unui oraş de mărime medie (500 000 de locuitori) pentru doar o săptămână sau două sau pentru a aproviziona o metropolă (cu peste 10 milioane de locuitori) timp de doar o jumătate de zi.51 Dar, în ciuda acestor complicații, a costurilor ridicate şi a dificultăților tehnice, ne-am străduit să electrificăm economiile moderne şi această tendință spre o tot mai mare electrificare va continua deoarece această formă de energie combină multe avantaje fără egal. Cel mai evident, în punctul de consum final, utilizarea electricității este întotdeauna facilă şi curată, iar în majoritatea timpului este de asemenea şi excepțional de eficientă. Cu doar o acționare de întrerupător, apăsare de buton sau ajustare de termostat (acum necesitând doar un semnal cu mâna sau o comandă vocală), luminile şi motoarele electrice sau caloriferele şi răcitoarele electrice sunt pornite – fără a fi nevoie de rezervoare voluminoase de combustibil, fără transportare şi stocare laborioase, fără pericolul unei combustii incomplete (cu emisia monoxidului de carbon toxic) şi fără curățarea lămpilor, plitelor sau cuptoarelor.

Electricitatea este cea mai bună formă de energie pentru iluminat: nu are niciun competitor la orice scară a

iluminatului privat sau public şi foarte puține inovații au produs un asemenea impact asupra civilizației moderne precum capacitatea de a elimina limitările luminii diurne şi de a ilumina noaptea.52 Toate alternativele anterioare, de la străvechile lumânări din ceară şi lămpi cu ulei la primele forme industriale de iluminat cu gaz şi cilindri de kerosen, erau fragile, costisitoare şi foarte ineficiente. Cea mai grăitoare comparație a surselor de lumină este cea din perspectiva randamentului lor luminos – capacitatea de a produce un semnal vizual, măsurată ca raportul dintre fluxul luminos total (cantitatea totală de energie emisă de o sursă, exprimată în lumeni) şi puterea sursei (în wați). Dacă stabilim că randamentul luminos al lumânărilor este egal cu 1, luminile cu gaz de cărbune din primele oraşe industriale produceau de 5 – 10 ori mai mult; înainte de Primul Război Mondial, becurile electrice cu filament de wolfram emiteau cu până la de 60 de ori mai mult; astăzi, cele mai bune lămpi fluorescente produc cam de 500 de ori mai mult; iar lămpile cu sodiu (folosite la iluminatul de exterior) au un randament de până la 1 000 de ori mai mare.53

Este imposibil să decidem care clasă de convertoare ale electricității a avut un impact mai mare – luminile sau motoarele. Convertirea electricității în energie cinetică cu ajutorul motoarelor electrice a revoluționat mai întâi aproape toate sectoarele producției industriale, iar ulterior a pătruns în fiecare nişă a exploatării casnice. Sarcinile manuale mai puțin solicitante şi cele care foloseau motoarele cu abur pentru ridicare, presare, tăiere, țesere şi alte operațiuni industriale au fost electrificate aproape în totalitate. În Statele Unite acest lucru a avut loc în decurs de doar patru decenii, după introducerea primelor motoare electrice de curent alternativ.54 În 1930, motoarele electrice aproape că au dublat productivitatea manufacturieră

americană şi a făcut asta încă o dată spre sfârşitul anilor 1960.55 În acelaşi timp, motoarele electrice au început să cucerească treptat transporturile pe şine, începând cu tramvaiele electrice şi continuând cu trenurile de pasageri.

Sectorul serviciilor domină acum toate economiile moderne, iar funcționarea sa este în totalitate dependentă de electricitate. Motoarele electrice acționează ascensoarele şi scările rulante, precum şi instalațiile de aer condiționat ale clădirilor, deschid uşile şi compactează gunoiul. De asemenea, sunt indispensabile pentru comerțul electronic, întrucât pun în mişcare labirinturile de benzi transportoare din depozitele gigantice. Dar cele mai răspândite unități nu sunt văzute niciodată de oamenii care se bazează pe ele în fiecare zi. Sunt acele unități minuscule care activează vibratoarele telefoanelor mobile: cele mai mici măsoară mai puțin de 4 mm × 3 mm, lățimea lor fiind mai mică decât jumătate din lățimea medie a unghiei degetului mic al unui adult. Poți vedea un astfel de motoraş doar dacă-ți demontezi telefonul sau dacă urmăreşti online un video al acestei operații.56

În unele țări, practic toate transporturile pe căi ferate sunt acum electrificate şi toate trenurile de mare viteză (până la 300 km/h) sunt propulsate fie de locomotive electrice, fie de motoare montate în mai multe locuri, aşa cum se întâmplă cu unul dintre primele astfel de trenuri, Shinkansen, lansat în Japonia în 1964.57 Şi chiar şi modelele ieftine de automobile au acum între 20 şi 40 de motoare electrice mici, modelele mai scumpe având mult mai multe – ceea ce sporeşte greutatea vehiculului şi consumul bateriilor acestuia.58 În locuințe, pe lângă iluminat şi alimentarea tuturor dispozitivelor electronice – care acum includ în mod obişnuit şi sisteme de securitate – electricitatea domină sarcinile mecanice şi asigură atât căldura, cât şi refrigerarea

în bucătării, energia pentru încălzirea apei, precum şi încălzirea pentru multe case.59

Fără electricitate, n-am avea apă potabilă în toate oraşele, şi nici combustibili fosili lichizi şi gazoşi pretutindeni. Pompele electrice de mare putere aduc apa în bazinele municipale şi sunt foarte solicitate în oraşele cu densitate comercială şi rezidențială ridicată, unde apa trebuie transportată la mare înălțime.60 Motoarele electrice acționează toate pompele de carburanți necesare pentru mutarea benzinei, kerosenului şi motorinei în bazine şi în aripile avioanelor. Şi, cu toate că s-ar putea să fie gaz natural din belşug în conductele de distribuție a gazului – turbinele cu gaz sunt adesea folosite pentru mutarea combustibilului – din America de Nord, unde încălzirea cu aer forțat este dominantă, mici motoare electrice acționează ventilatoarele care împing prin țevi aerul încălzit cu ajutorul gazului natural.61

Tendința îndelungată de electrificare a societăților (prin creşterea cotei parte de combustibil transformate în electricitate, în locul consumului direct al respectivului combustibil) este cât se poate de clară. Noile regenerabile – solară şi eoliană, spre deosebire de hidroelectricitate, ale cărei începuturi datează din 1882 – se vor înscrie cu uşurință în această progresie, dar istoria generării electricității ne reaminteşte că multe complicații şi situații complexe însoțesc procesul; şi că, în pofida importanței sale profunde şi crescânde, electricitatea asigură doar o parte relativ mică din consumul de energie final în plan global, adică doar 18%.

Înainte de a comuta întrerupătorul

Trebuie să ne întoarcem la începuturile industriei pentru a-i înțelege bazele, infrastructura şi moştenirea acestor 140 de ani de dezvoltare. Generarea comercială a electricității a început în 1882, cu trei premiere. Două dintre ele au fost centralele de generare pe bază de cărbune proiectate de Thomas Edison (Viaductul Holborn din Londra a început să funcționeze în ianuarie 1882; centrala Pearl Street din New York, în septembrie 1882), iar a treia a fost prima hidrocentrală (pe râul Fox din Appleton, Wisconsin, care a început să genereze electricitate din septembrie 1882).62 Generarea a început să se extindă rapid în ultimul deceniu al secolului al XIX-lea, când liniile de curent alternativ (CA) au prevalat asupra rețelelor existente de curent continuu şi când noile proiecte de motoare electrice de curent alternativ au început să fie adoptate de industrie şi gospodării. În 1900, mai puțin de 2% din producția mondială de combustibili fosili era utilizată pentru generarea electricității; în 1950, acea cotă-parte era încă mai mică de 10%; acum se ridică la circa 25%.63

Expansiunea concurentă a capacității hidroelectrice s-a accelerat în anii 1930, cu ajutorul unor mari proiecte finanțate de stat în SUA şi URSS, şi a atins noi vârfuri după al Doilea Război Mondial, culminând cu construirea unor proiecte de dimensiuni record în Brazilia (Itaipu, definitivat în 2007, 14 gigawați) şi China (Trei Defileuri, definitivată în 2012, 22,5 gigawați).64 Între timp, fisiunea nucleară a început să genereze electricitate comercială în 1956 la centrala Calder Hall din Marea Britanie, a cunoscut cea mai mare expansiune în anii 1980 şi, după un maximum în 2006, a înregistrat un declin uşor până la aproximativ 10% din producția globală de electricitate.65 În 2020, hidrogenerarea a contribuit cu aproape 16%, vântul şi soarele au adăugat aproape 7 procente, iar restul (cam două

treimi) a provenit din marile centrale electrice alimentate în principal cu cărbune şi gaze naturale.

Deloc surprinzător, cererea de electricitate a crescut mult mai repede decât cea privind toate celelalte forme de energie comercială: în cei 50 de ani dintre 1970 şi 2020, generarea globală de electricitate a crescut de cinci ori, pe când cererea totală de energie primară doar s-a triplat.66 Iar creşterea generării de bază – cantitatea minimă de electricitate care trebuie furnizată zilnic, lunar sau anual – a fost şi mai mult stimulată de mutarea în oraşe a unor părți tot mai mari ale populației. Cu decenii în urmă, cererea în America era cea mai scăzută în nopțile de vară, când magazinele şi fabricile erau închise, transportul public era întrerupt şi, cu mici excepții, toată populația dormea, cu ferestrele deschise. Acum ferestrele sunt închise şi aparatele de aer condiționat funcționează pe timp de noapte pentru a face posibil somnul în clima foarte caldă şi umedă; în marile oraşe şi în metropole, multe fabrici lucrează în două schimburi şi multe magazine şi aeroporturi rămân deschise 24 de ore. Doar COVID-19 a oprit funcționarea non-stop a metroului newyorkez, iar metroul din Tokyo doarme doar cinci ore (primul tren din Stația Tokyo spre Shinjuku pleacă la 5:16 a.m., iar ultimul, la 0:20 a.m.).67

Imaginile nocturne surprinse de sateliți la ani distanță arată cum luminile de pe străzi, din parcări şi clădiri strălucesc şi mai mult pe suprafețe din ce în ce mai mari, care adesea se unesc cu oraşele învecinate pentru a forma conurbații uriaşe iluminate.68

O fiabilitate ridicată a aprovizionării cu electricitate – managerii de rețele vorbesc despre faptul că ar fi de dorit să se atingă cei şase de nouă: la o fiabilitate de 99,9999%, ar exista doar 32 de secunde de întrerupere a aprovizionării

într-un an! – este absolut necesară în societățile în care electricitatea acționează totul, de la lumini (fie ele în spitale, pe pistele de aterizare sau pentru a indica ieşirile de urgență) la aparatura pentru bypass cardiopulmonar şi multitudinea de procese industriale.69 Dacă pandemia de COVID-19 a adus distrugere, suferință şi decese inevitabile, acele efecte ar fi minore în comparație cu situația în care aprovizionarea cu electricitate ar fi redusă drastic doar câteva zile în orice regiune dens populată, iar dacă ar fi prelungită timp de câteva săptămâni la scară națională, ar fi un eveniment catastrofal cu consecințe fără precedent.

Decarbonizarea: ritm şi scară

Nu există o penurie a resurselor de combustibili fosili în scoarța terestră, niciun pericol de epuizare iminentă a cărbunelui şi hidrocarburilor. La nivelul producției din 2020, rezervele de cărbune ar mai fi suficiente pentru circa 120 de ani, rezervele de petrol şi gaze, circa 50 de ani, iar continuarea explorării va transfera o mare parte din ele de la resurse în categoria rezervelor (viabile din punct de vedere tehnic şi economic).

Lumea modernă a fost creată prin recurgerea la combustibilii fosili, însă preocupările legate de încălzirea globală relativ rapidă au dus la cereri larg răspândite de a se renunța la carbonul fosil cât mai repede cu putință. În mod ideal, decarbonizarea aprovizionării cu energie la nivel global ar trebui să aibă loc îndeajuns de repede ca să se limiteze încălzirea globală medie la nu mai mult de 1,5°C (cel mult 2°C). Potrivit majorității modelelor climatologice, asta ar însemna reducerea la zero a emisiilor globale nete de CO_2

până în anul 2050 şi menținerea lor negativă pentru restul secolului.

Să observăm adjectivul calificativ cheie: ținta nu este decarbonizarea totală, ci reducerea la „zero net” sau „neutralitatea carbonului”. Această definiție permite ca emisiile care nu vor fi oprite să fie compensate de eliminarea pe scară largă a CO_2 din atmosferă (ceva care încă nu există!) şi stocarea sa permanentă în subteran, ori prin măsuri temporare cum ar fi plantarea de copaci pe suprafețe mari.7·1 În 2020, stabilirea obiectivelor de tip zero-net pentru anii care se termină în cinci sau zero a devenit un joc din categoria „şi eu”: peste 100 de națiuni s-au înscris în joc, începând cu Norvegia în 2030 şi Finlanda în 2035 şi continuând cu întreaga Uniune Europeană, precum şi Canada, Japonia şi Africa de Sud, în 2050, şi China (cel mai mare consumator de combustibili fosili din lume) în 2060.7·2 Dat fiind că emisiile anuale rezultate din arderea combustibililor fosili au depăşit în 2019 37 de miliarde de tone, atingerea obiectivului zero-net până în 2050 va necesita o tranziție energetică fără precedent atât ca ritm, cât şi ca scară. O examinare mai atentă a componentelor sale esențiale ne arată amploarea dificultăților.

Decarbonizarea generării electricității poate înregistra progresul cel mai rapid, deoarece costurile de instalare pe unitate de capacitate solară sau eoliană pot acum concura cu variantele mai ieftine pe bază de combustibili fosili, iar unele țări şi-au transformat deja generarea într-o măsură considerabilă. Dintre economiile mari, Germania este exemplul cel mai remarcabil: începând cu anul 2000, şi-a mărit de 10 ori capacitățile eoliene şi solare şi a crescut cota parte a regenerabilelor (eoliană, solară şi hidro) de la 11% la 40% din totalul generării. Intermitența furnizării de electricitate eoliană şi solară nu ridică probleme atât timp

cât aceste noi regenerabile asigură cote-părți relativ mici din cererea totală sau atât timp cât orice neajunsuri pot fi remediate prin importuri.

Drept urmare, multe țări produc acum până la 15% din toată electricitatea din surse intermitente fără vreo ajustare majoră, iar Danemarca arată cum o piață relativ mică şi bine interconectată poate ajunge la un procentaj mai mare.7·3 În 2019, 45% din electricitatea sa provenea din generarea eoliană, iar această cotă excepțional de mare poate fi susținută fără capacități masive de stocare interne, pentru că orice întreruperi pot fi cu uşurință remediate prin importuri din Suedia (electricitate hidro şi nucleară) şi Germania (electricitate provenind din multe surse). Germania nu a putut să facă la fel. Cererea ei este de peste 20 de ori cât totalul Danemarcei, iar țara trebuie să-şi asigure o capacitate de rezervă suficientă, care să poată fi activată când noile regenerabile sunt inactive.7·4 În 2019, Germania a generat 577 terawați-ore de electricitate, cu nici 5% mai mult decât în 2000 – dar capacitatea instalată de generare s-a mărit cu circa 73% (de la 121 la circa 209 gigawați). Motivul acestei discrepanțe este evident.

În 2020, la două decenii după ce a început Energiewende, tranziția energetică deliberat accelerată, Germania era în continuare nevoită să-şi mențină cea mai mare parte a capacității bazate pe arderea combustibililor fosili (de fapt, 89% din ea) pentru a putea satisface cererea în zilele noroase şi fără vânt. La urma urmelor, în Germania înnorată, generarea fotovoltaică funcționează în medie doar 11 – 12% din timp, iar arderea combustibililor fosili continua să producă aproape jumătate (48%) din toată electricitatea în 2020. Mai mult, întrucât cota parte a generării eoliene a crescut, construirea de noi linii de înaltă tensiune pentru a transmite această electricitate din nordul

bătut de vânturi în regiunile sudice unde cererea este mare a rămas în urmă. Iar în SUA, unde proiecte de transmitere mult mai mari vor fi necesare pentru a muta electricitatea eoliană din Marile Câmpii şi electricitatea solară din Sud-Vest în regiunile de coastă, cu cerere mare, s-au realizat foarte puține planuri de lungă durată pentru construirea acestor legături.7·5

Oricât de dificile sunt astfel de aranjamente, ele se bazează pe soluții mature din punct de vedere tehnic (şi în continuă îmbunătățire) – adică, pe celule fotovoltaice mai eficiente, mari turbine eoliene amplasate pe țărm şi în largul coastelor şi pe linii de înaltă tensiune (incluzând transportul curentului continuu pe distanțe lungi). În cazul în care costurile, procesele de autorizare şi sentimentele de tip „nu în curtea mea" nu ar reprezenta nişte obstacole, aceste tehnici ar putea fi desfăşurate destul de repede şi de economic. Mai mult, problemele de intermitență ale generării solare şi eoliene ar putea fi rezolvate de recurgerea reînnoită la generarea electricității nucleare. O renaştere nucleară ar fi deosebit de utilă, dacă nu putem dezvolta în scurt timp modalități mai bune de stocare a electricității la scară largă.

Avem nevoie de stocare de mari proporții (multi-gigawați-ore) pentru marile oraşe şi metropole, dar până acum singura variantă viabilă este acumularea pompată a hidroelectricității (PHS[4]): metoda foloseşte electricitatea mai ieftină din timpul nopții pentru a pompa apa de la un rezervor situat jos la o capacitate de acumulare aflată la înălțime mare, iar descărcarea acesteia asigură o generare disponibilă instantaneu.7·6 Cu electricitatea generată prin

---

[4] Inițialele de la pumped hydro storage. (N.t.)

mijloace regenerabile, pomparea poate fi efectuată oricând există un surplus de capacitate solară sau eoliană, dar în mod evident PHS poate funcționa doar în locurile cu diferențe de nivel corespunzătoare, iar operația consumă cam un sfert din electricitatea generată pentru pomparea apei în susul dealului. Alte mijloace de stocare, cum ar fi bateriile, aerul comprimat şi supercapacitoarele, continuă să aibă capacități cu ordine de mărime mai joase decât ar fi nevoie pentru marile oraşe, chiar şi pentru cantitatea necesară într-o singură zi.7·7·

Prin contrast, reactoarele nucleare moderne, dacă sunt bine construite şi operate cu atenție, oferă moduri sigure, de lungă durată şi extrem de fiabile de generare a electricității. Aşa cum am menționat deja, ele sunt capabile să funcționeze mai mult de 90% din timp, iar durata lor de viață poate depăşi 40 de ani. Totuşi, viitorul generării nucleare rămâne incert. Doar China, India şi Coreea de Sud sunt hotărâte să-şi extindă şi mai mult capacitățile. În Occident, o combinație de costuri de capital, întârzieri majore în construcție şi disponibilitatea variantelor mai ieftine (gazul natural în SUA, eoliană şi solară în Europa) a făcut ca noile capacități de fisiune nucleară să fie neatractive. Mai mult, în America, noile reactoare mici, modulare şi inerent sigure (propuse prima oară în anii 1980) încă nu au fost comercializate, iar Germania, cu decizia ei de a renunța în totalitate la generarea nucleară până în 2022, este doar cel mai evident exemplu al sentimentului antinuclear profund, larg răspândit în Europa (pentru evaluarea riscurilor reale ale generării nucleare, vezi capitolul 5).

Dar această situație s-ar putea să nu dureze. Până şi Uniunea Europeană recunoaşte acum că, fără reactoare nucleare, nu se poate apropia de obiectivul extraordinar de

ambițios al decarbonizării. Scenariile privind emisiile zero-net pentru 2050 au renunțat la stagnarea şi neglijarea prelungită de decenii a industriei nucleare şi au în vedere ca până la 20% din tot consumul de energie să provină din fisiunea nucleară.7·8 De notat că această prevedere se referă la consumul total de energie primară, nu doar la electricitate. Electricitatea reprezintă doar 8% din consumul final total de energie la nivel global, iar decarbonizarea a peste 80% din utilizările finale ale energiei – de către industrii, gospodării, comerț şi transporturi – va fi chiar mai dificilă decât decarbonizarea generării electricității. Generarea extinsă a electricității poate fi folosită pentru încălzirea spațiilor şi multe procese industriale care acum se bazează pe combustibilii fosili, dar cursul decarbonizării transporturilor moderne pe distanțe lungi rămâne neclar.

Cât de curând vom efectua zboruri intercontinentale cu avioane mari cu reacție alimentate cu baterii? Ziarele titrează că viitorul zborului este electric – ignorând cu naivitate diferența uriaşă între densitatea energetică a kerosenului ars de turboventilatoare şi cele mai bune baterii Litiu-ion din zilele noastre, care s-ar afla la bordul acestor ipotetice avioane electrice. Motoarele cu turboventilatoare care propulsează avioanele de linie ard combustibil cu densitate energetică de 46 megajouli pe kilogram (asta înseamnă aproape 12 000 wați-ore pe kilogram), transformând energia chimică în termică şi apoi în cinetică. În schimb, cele mai bune baterii Litiu-ion furnizează mai puțin de 300 Wh/kg, o diferență mai mare de 40 de ori.7·9 E drept, motoarele electrice sunt convertoare de energie cam de două ori mai eficiente decât turbinele de gaz, astfel că diferența efectivă de densitate energetică este de „numai” 20 de ori. Dar în ultimii 30 de ani densitatea energetică maximă a bateriilor s-a mărit de circa trei ori, şi chiar dacă

am tripla din nou densitățile tot am fi mult sub 3 000 Wh/kg în 2050 – ceea ce ar însemna că nu vom reuşi să ducem un avion de mari dimensiuni de la New York la Tokyo sau de la Paris la Singapore, un lucru pe care îl facem zilnic de decenii cu aparatele Boeing şi Airbus alimentate cu kerosen.80

Mai mult (aşa cum vom explica în capitolul 3), nu dispunem de alternative la scară comercială care să poată fi implementate rapid pentru a alimenta exclusiv cu electricitate producția celor patru piloni materiali ai civilizației moderne. Prin urmare, chiar dacă am dispune de o rezervă abundentă şi fiabilă de electricitate regenerabilă, tot va trebui să dezvoltăm noi procese la scară mare pentru a produce oțel, amoniac, ciment şi materiale plastice.

Nu e surprinzător faptul că decarbonizarea în afara generării electricității a progresat lent. În curând, Germania va genera jumătate din electricitate din regenerabile, dar în cele două decenii ale Energiewende cota parte a combustibililor fosili în aprovizionarea cu energie primară a țării a scăzut doar cu 6 procente (de la 84% la 78%).

Germanilor le plac autostrăzile fără limitări de viteză şi zborurile intercontinentale frecvente, iar industriile germane funcționează pe bază de gaze naturale şi petrol.81 Dacă țara îşi repetă performanța din trecut, atunci în 2040 dependența ei de combustibilii fosili va rămâne în continuare aproape de 70%.

Şi cum rămâne cu țările care nu au făcut eforturi extraordinare pentru impunerea regenerabilelor? Japonia este exemplul cel mai grăitor. În anul 2000, circa 83% din energia sa primară provenea din combustibilii fosili; în 2019, acea cotă-parte (din cauza pierderii post-Fukushima a

generării nucleare şi a nevoii de importuri mai mari de combustibili) a fost de 90%!82 Şi, cu toate că Statele Unite şi-au redus mult dependența de cărbune – înlocuit de gazele naturale în generarea electricității – cota parte de combustibili fosili a țării în aprovizionarea cu energie primară era încă de 80% în 2019. Între timp, în China, cota parte a combustibililor fosili a scăzut de la 93% în anul 2000 la 85% în 2019 – dar acest declin relativ a fost însoțit de circa o triplare a cererii de combustibili fosili. Creşterea economică a Chinei a fost principalul motiv pentru care consumul global de combustibili fosili a crescut cu circa 45% în primele două decenii ale secolului XXI şi motivul pentru care, în ciuda expansiunii costisitoare şi pe scară largă a energiilor regenerabile, cota parte a combustibililor fosili în aprovizionarea cu energie primară pe plan mondial a scăzut doar nesemnificativ, de la 87% la circa 84%.83

Cererea anuală globală pentru carbonul de origine fosilă este acum cu puțin peste 10 miliarde de tone – o masă de aproape cinci ori mai mare decât recolta anuală recentă pentru toate cerealele standard care hrănesc omenirea şi peste dublul masei totale de apă potabilă consumată anual de cele 8 miliarde de locuitori ai planetei – şi ar trebui să fie evident că strămutarea şi înlocuirea unei asemenea mase nu e un lucru pe care să-l poată înfăptui cel mai bine țintele guvernamentale pentru anii care se termină în zero sau cinci. Atât cota parte relativă, cât şi scara dependenței noastre de carbonul fosil fac imposibile substituirile rapide. Şi nu e vorba aici de o impresie personală părtinitoare, izvorâtă dintr-o slabă înțelegere a sistemului energetic global, ci de o concluzie realistă bazată pe realități inginereşti şi economice.

În contrast cu recentele angajamente politice pripite, aceste realități au fost recunoscute de toate scenariile atent gândite

pe termen lung privind aprovizionarea cu energie. Scenariul Politicilor Declarate, publicat de Agenția Internațională pentru Energie (AIE) în 2020 vede un declin al cotei-parte a combustibililor fosili de la 80% din cererea globală totală în 2019 la 72% în 2040, în vreme ce Scenariul de Dezvoltare Sustenabilă al AIE (cel mai agresiv scenariu de decarbonizare al agenției de până acum, care ar permite o decarbonizare substanțial accelerată la nivel global) are în vedere ca, până în 2040, combustibilii fosili să asigure 56% din necesarul global de energie primară, ceea ce face extrem de improbabil ca această cotă parte să fie redusă aproape de zero într-un singur deceniu.84.

În mod cert, lumea prosperă – date fiind bogățiile naturale, capacitățile tehnice, nivelul ridicat al consumului pe cap de locuitor şi nivelul corespunzător al deşeurilor – poate lua unele măsuri impresionante pentru o decarbonizare relativ rapidă (mai direct spus, ar trebui să se descurce folosind mai puțină energie de orice fel). Dar nu la fel stau lucrurile cu cele peste 5 miliarde de oameni al căror consum de energie reprezintă doar o fracție din nivelurile țărilor bogate, care au nevoie de mai mult amoniac ca să-şi crească producția agricolă pentru a-şi hrăni populațiile tot mai numeroase şi mult mai mult oțel, ciment şi materiale plastice pentru a-şi construi infrastructurile esențiale. Trebuie să avem în vedere o reducere constantă a dependenței noastre de energiile care creează lumea modernă. Încă nu cunoaştem majoritatea aspectelor particulare ale acestei tranziții, dar un lucru rămâne sigur: nu va avea loc (nu poate avea loc) o renunțare bruscă la carbonul fosil, după cum acesta nu va cunoaşte o dispariție rapidă – ci mai degrabă un declin treptat.85

Capitolul 2

Să înţelegem producţia de hrană

Mâncăm combustibili fosili

Asigurarea unei cantităţi de hrană cu varietate nutriţională este imperativul existenţial pentru orice specie. În timpul îndelungatei lor evoluţii, strămoşii noştri hominieni şi-au dezvoltat unele avantaje fizice esenţiale – poziţia verticală, mersul biped şi un creier relativ mare – care i-au diferenţiat de strămoşii lor simieni. Această combinaţie de caracteristici le-a permis să se hrănească mai eficient cu resturile lăsate de alte animale, să fie mai buni culegători de plante şi mai pricepuţi la vânarea animalelor mici.

Primii hominieni au avut doar unelte din piatră dintre cele mai simple (ciocane şi tocătoare din piatră), care erau utile pentru tăierea animalelor, dar nu dispuneau de artefacte care să-i ajute să le vâneze şi să le prindă. Puteau să ucidă cu uşurinţă animalele rănite sau bolnave şi micile mamifere mai lente, dar carnea de la prăzile mai mari provenea din valorificarea resturilor de la victimele animalelor de pradă sălbatice.1 În cele din urmă, dezvoltarea suliţelor lungi, a topoarelor cu coadă, a arcurilor cu săgeţi, a plaselor împletite, a coşurilor şi a undiţelor le-a permis să vâneze şi să captureze o mare varietate de specii. Unele grupuri – în special vânătorii de mamuţi din Paleoliticul Superior (această epocă s-a încheiat cu 12 000 de ani în urmă) – au deprins meşteşugul tranşării animalelor mari, în vreme ce mulţi locuitori ai zonelor de coastă au devenit pescari

desăvârşiţi. Unii chiar foloseau bărcile pentru a ucide mici balene migratoare.

Tranziţia de la viaţa de vânători-culegători la traiul sedentar, favorizată de începuturile agriculturii şi de domesticirea unor specii de mamifere şi de păsări, a avut drept rezultat o aprovizionare cu hrană în general mai previzibilă, dar care adesea rămânea nesigură, şi care putea să susţină densităţi mult mai mari ale populaţiei decât în cazul grupurilor mai timpurii – dar asta nu a însemnat neapărat o nutriţie mai bună.

Căutarea hranei în medii aride putea să necesite o suprafaţă de peste 100 de kilometri pătraţi pentru a susţine o singură familie. Pentru londonezii de astăzi, asta înseamnă aproximativ distanţa de la Palatul Buckingham la Isle of Dogs; pentru newyorkezi, zborul în linie dreaptă al unui porumbel de la extremitatea Manhattanului până în mijlocul Central Park: foarte mult teren de acoperit numai pentru a supravieţui.

În regiunile mai productive, densităţile populaţiilor puteau să crească până la 2-3 oameni pe 100 de hectare (echivalentul a circa 140 de terenuri de fotbal regulamentare).2 Singurele societăţi căutătoare de hrană cu densităţi mari ale populaţiei erau grupurile de pe coaste (în special în nord-vestul Pacificului), care aveau acces la migraţiile anuale ale peştilor şi la oportunităţi de vânare a mamiferelor acvatice. Sursele sigure de alimente bogate în proteine şi lipide le-au permis unora dintre ei să treacă la o viaţă sedentară în case comunale mari, din lemn, având suficient timp liber ca să sculpteze totemuri impresionante. În schimb, agricultura incipientă, în care puteau fi cultivate plantele abia domesticite, însemna că un hectar de teren cultivat putea să hrănească mai mult de o persoană.

Spre deosebire de căutătorii de hrană, care se poate să fi cules zeci de specii sălbatice, primii agricultori au trebuit să restrângă varietatea plantelor pe care le cultivau, căci hrana bazată în mod covârşitor pe plante era dominată de regulă de câteva plante standard (grâu, orz, orez, porumb, leguminoase, cartofi) – dar aceste culturi puteau susţine densităţi ale populaţiei cu două sau trei ordine de mărime mai mari decât în societăţile căutătorilor de hrană. În Egiptul antic, densitatea populaţiei a crescut de la 1,3 oameni pe hectar de teren cultivat în timpul perioadei predinastice (anterior anului 3150 î.e.n.) la circa 2,5 oameni pe hectar după 3 500 de ani, când ţara devenise provincie a Imperiului Roman.3 Aceasta ar echivala cu un necesar de 4 000 de metri pătraţi pentru hrănirea unei singure persoane – sau aproape exact cât şase terenuri de tenis. Dar această densitate mare a producţiei era (datorită inundaţiilor anuale regulate ale Nilului, care asigurau irigarea luncii) o performanţă excepţional de bună.

În timp, şi foarte lent, ratele producţiei de hrană în perioada preindustrială au crescut şi mai mult – dar abia în secolul al XVI-lea s-a atins o rată de 3 oameni pe hectar; şi atunci numai în regiunile cultivate intensiv din China dinastiei Ming; în Europa, au rămas sub 2 oameni pe hectar, până în secolul al XVIII-lea. Această stagnare, sau măcar aceste creşteri foarte lente, a capacităţii de hrănire în lungul interval al istoriei preindustriale a însemnat că, în urmă cu doar câteva generaţii, doar o mică parte a elitelor bine hrănite nu trebuia să-şi facă griji că nu va avea suficientă mâncare. Chiar şi în timpul anilor în care se înregistrau recolte peste medie, hrana tipică nu varia aproape deloc, iar malnutriţia şi subnutriţia erau foarte răspândite.

Recoltele puteau să fie slabe, iar culturile erau adesea distruse în războaie, astfel că foametea era ceva comun. În

consecință, niciuna dintre transformările recente – cum ar fi creşterea mobilității personale sau o gamă mai largă de posesiuni private – nu a fost atât de fundamentală din punct de vedere existențial ca posibilitatea noastră de a produce, an după an, un prisos de hrană. Acum, majoritatea oamenilor din țările bogate şi cu venituri medii îşi fac griji cu privire la ce anume (şi cât de mult) este cel mai bine să mănânce ca să-şi mențină sau să-şi îmbunătățească sănătatea şi să-şi crească longevitatea, nu dacă vor avea suficientă hrană pentru a supraviețui.

Există în continuare un număr semnificativ de copii, adolescenți şi adulți care suferă de subnutriție, îndeosebi în țările din Africa sub-sahariană, dar în ultimele trei generații totalul lor a scăzut de la o majoritate a lumii la mai puțin de 1 din 10 locuitori ai planetei. Organizația pentru Alimentație şi Agricultură (FAO) estimează că proporția de persoane subnutrite a scăzut pe plan mondial de la circa 65% în 1950 la 25% în 1970 şi la circa 15% în anul 2000. Ameliorările continue (cu fluctuații cauzate de dificultăți temporare naționale sau regionale ca urmare a dezastrelor naturale sau conflictelor armate) au scăzut această rată la 8,9% în 2019, ceea ce înseamnă că sporirea producției de hrană a redus rata malnutriției de la 2 din 3 oameni în 1950 la 1 din 11 în 2019.4

Această realizare impresionantă este şi mai remarcabilă dacă este exprimată într-un mod care să țină cont de creşterea enormă a populației globale care a avut loc în aceeaşi perioadă, de la circa 2,5 miliarde în 1950 la 7,7 miliarde în 2019. Reducerea semnificativă a subnutriției globale înseamnă că în 1950 planeta era capabilă să asigure o alimentație adecvată pentru circa 890 de milioane de oameni, dar în 2019 aceasta a crescut la cu puțin peste 7 miliarde: în termeni absoluți, o creştere de aproape opt ori!

Cum se explică această realizare impresionantă? A răspunde că trebuie să se fi datorat unor recolte mai bogate este un truism. Să spui că această creştere a fost efectul combinat al unor soiuri mai bune de plante cultivate, mecanizării agricole, fertilizării, irigației şi protecției recoltelor ar descrie corect schimbările în inputurile cheie – dar tot nu conține explicația fundamentală. Producția modernă de hrană, fie că e vorba de cultivarea plantelor pe câmp sau de capturarea speciilor marine sălbatice, este un hibrid neobişnuit, dependent de două tipuri diferite de energie. Primul, şi cel mai evident, este Soarele. Dar mai avem nevoie şi de acum indispensabila contribuție a combustibililor fosili şi de electricitatea produsă şi generată de oameni.

Când li se cere să dea exemple comune ale dependenței noastre de combustibilii fosili, locuitorii din regiunile mai reci ale Europei şi Americii de Nord se gândesc imediat la gazul natural folosit la încălzirea caselor lor. Oamenii de pretutindeni vor indica arderea combustibililor lichizi care alimentează în mare măsură mijloacele noastre de transport, dar pentru lumea modernă, cea mai importantă – şi fundamental existențială – dependență de combustibilii fosili este utilizarea lor directă şi indirectă în producerea hranei noastre. Utilizarea directă include combustibilii care acționează toate maşinile agricole (mai ales tractoare, combine şi alte utilaje de recoltat), transportul recoltelor de pe câmp la locurile de depozitare şi procesare şi pompele de irigare. Utilizarea indirectă este mult mai cuprinzătoare şi ia în considerare combustibilii şi electricitatea folosite pentru a produce maşinile agricole, îngrăşămintele şi substanțele agrochimice (erbicide, insecticide, fungicide), precum şi alte contribuții de la foile de sticlă şi foliile de plastic folosite în

construirea serelor, la dispozitivele de poziționare globală (GPS) care permit agricultura de precizie.

Procesul fundamental de conversie energetică din producția de hrană nu s-a schimbat. La fel ca întotdeauna, mâncăm, fie direct ca alimente vegetale, fie indirect ca materii prime de origine animală, produse ale fotosintezei – cea mai importantă conversie de energie a biosferei, care are loc sub acțiunea radiației solare. Ce s-a schimbat este intensitatea producției vegetale şi animale. Nu am putea să recoltăm o asemenea abundență şi într-o manieră atât de previzibilă fără aportul în continuă creştere al combustibililor fosili şi al electricității. Fără aceste subvenții energetice antropogene, nu am fi putut să aprovizionăm 90% din omenire cu nutriție adecvată şi nu am fi putut să reducem malnutriția globală într-o asemenea măsură, scăzând totodată simultan cantitatea de timp şi suprafața de teren necesare pentru hrănirea unei singure persoane.

Agricultura – cultivarea plantelor alimentare pentru oameni şi pentru hrănirea animalelor – trebuie să primească energie de la radiația solară, mai exact de părțile albastră şi roşie ale spectrului vizibil.5 Clorofila şi carotenoidele, molecule fotosensibile din celulele plantelor, absorb lumina la aceste lungimi de undă şi o folosesc pentru producerea fotosintezei, o succesiune în etape multiple de reacții chimice, care combină dioxidul de carbon atmosferic şi apa – precum şi mici cantități de elemente incluzând, în special, azotul şi fosforul – pentru a produce masă vegetală nouă pentru cereale, leguminoase, tuberculi, şi plantele producătoare de ulei şi zahăr. O parte din aceste recolte este dată ca hrană animalelor domestice pentru a produce carne, lapte şi ouă, în vreme ce alte alimente de origine animală provin de la mamifere care pasc iarbă şi specii acvatice care depind în

ultimă instanţă de fitoplancton, masa vegetală dominantă produsă de fotosinteza acvatică.6

Lucrurile stau astfel de la începuturile cultivării terenurilor de acum circa 10 milenii – dar în urmă cu două secole adăugarea formelor non-solare de energie a început să afecteze producţia agricolă şi, mai târziu, capturarea speciilor marine sălbatice. Iniţial, acest impact a fost neglijabil şi a devenit remarcabil abia în primele decenii ale secolului XX.

Pentru a urmări evoluţia acestei schimbări epocale, vom examina în continuare ultimele două secole ale producţiei de grâu din America. Totuşi, aş fi putut foarte uşor să aleg recoltele de grâu din Anglia sau Franţa sau recoltele de orez din China şi Japonia; deşi progresele agricole se poate să fi avut loc în momente diferite în părţile cultivate din America de Nord, Europa Occidentală şi Asia de Est, această succesiune comparativă bazată pe datele din SUA nu are nimic unic.

Trei văi, la distanţă de două secole în timp

Vom începe cu Valea Genesee, din vestul statului New York, în 1801. Deşi noua republică a ajuns în al 26-lea an de existenţă, fermierii americani cultivă grâul pentru pâine nu doar la fel ca strămoşii lor înainte de a emigra din Anglia în America de Nord britanică în urmă cu câteva generaţii, ci într-o manieră nu foarte diferită de practicile din Egiptul antic din urmă cu peste două milenii.

Secvența începe cu doi boi înjugați la un plug din lemn, a cărui lamă tăietoare este protejată cu o tablă din fier. Semințele, păstrate din recolta anului precedent, sunt semănate manual, iar pentru acoperirea lor cu pământ sunt folosite grape cu mărăcini. Plantarea recoltei necesită cam 27 de ore de trudă umană pentru fiecare hectar însămânțat.7· Şi cele mai laborioase sarcini abia acum urmează. Recoltarea se face prin tăiere cu secera; paiele tăiate sunt adunate şi legate manual în mănunchiuri, care apoi sunt stivuite vertical (în căpițe sau stoguri) şi lăsate la uscat. După aceea, mănunchiurile sunt cărate la un hambar şi treierate prin lovire de o podea dură, paiele sunt depozitate, iar boabele sunt vânturate (pentru a fi separate de pleavă), măsurate şi puse în saci. Punerea la adăpost a recoltei necesită cel puțin 120 de ore de muncă umană pe hectar.

Secvența completă de producție are nevoie de circa 150 de ore de muncă umană pe hectar, precum şi de circa 70 de ore de muncă animală (cu boii). Producția este de doar o tonă de cereale la hectar, din care cel puțin 10% trebuie pusă deoparte ca semințe pentru recolta anului următor. Una peste alta, este nevoie de circa 10 minute de muncă umană pentru a produce 1 kilogram de grâu, din care, cu făină integrală, s-ar produce 1,6 kilograme de pâine (două pâini). Este o agricultură laborioasă, lentă şi cu productivitate scăzută – dar este complet solară şi, în afară de radiația Soarelui, nu mai este nevoie de niciun alt aport energetic. Culturile produc hrană pentru oameni şi pentru animale; copacii dau lemnul pentru gătit şi încălzit; tot lemnul este folosit şi pentru obținerea mangalului utilizat în metalurgie la topirea minereurilor de fier şi producerea unor mici obiecte metalice, printre care lamele de plug, secerile, coasele, cuțitele şi şinele pentru protejarea roților de lemn

ale căruțelor. În limbajul modern, am spune că acest tip de agricultură nu necesită niciun aport de energie non-regenerabilă (combustibili fosili) şi are nevoie doar de un minimum de subvenții materiale non-regenerabile (componentele din fier, pietrele pentru morile de grâu), şi că producția atât a recoltelor, cât şi a materialelor se bazează numai pe energii regenerabile obținute prin eforturile muşchilor umani şi animali.

Un secol mai târziu, în 1901, cea mai mare parte a grâului țării provine din Marile Câmpii, aşa că ne vom muta în Valea Râului Roşu, din estul statului Dakota de Nord. Marile Câmpii au fost colonizate şi industrializarea a făcut progrese importante în ultimele două generații – deşi cultivarea grâului continuă să se bazeze pe animalele de tracțiune, grâul cultivat în marile ferme din Dakota este puternic mecanizat. Echipaje de patru cai puternici trag pluguri şi grape din oțel pentru brazde multiple, semănătorile mecanice sunt folosite la însămânțat, secerătorile mecanice taie paiele şi leagă snopii şi doar căpițele sunt făcute manual. Snopii sunt cărați la stoguri şi introduse în maşinile de treierat, acționate de motoare cu abur, iar grăunțele sunt duse în silozuri. Întreaga succesiune de operații durează mai puțin de 22 de ore pe hectar, cam 1/7 din timpul care fusese necesar în 1801.8 În această cultivare extensivă, suprafețele mari compensează productivitatea scăzută. Producția rămâne scăzută (1 tonă pe hectar), dar investiția de muncă umană este de doar circa 1,5 minute pe kilogram de cereale (față de 10 minute în 1801), în vreme ce folosirea animalelor de tracțiune adaugă până la circa 37 de ore-cal pe hectar sau peste 2 minute pe kilogram de cereale.

Acesta este un tip nou, hibrid, de agricultură, dat fiind că aportul solar indispensabil este sporit de energiile

antropogene non-regenerabile, obținute în mod covârşitor din cărbune. Noul aranjament necesită mai multă muncă animală decât muncă umană, iar întrucât caii de muncă (şi catârii, în sudul Americii) au nevoie de cereale – în principal ovăz – pentru hrană, precum şi de iarbă verde şi fân, numărul lor mare impune solicitări substanțiale asupra producției de cereale a țării: cam un sfert din tot terenul agricol american este dedicat creşterii nutrețului pentru animalele de tracțiune.9

Recoltele de mare productivitate sunt posibile datorită creşterii infuziei de energii fosile. Cărbunele este folosit pentru producerea cocsului metalurgic încărcat în furnale, iar fonta este transformată în oțel în cuptoare Martin, cu vatră deschisă (vezi capitolul 3). Oțelul este necesar pentru maşinile agricole, precum şi pentru construirea motoarelor cu abur, a şinelor de cale ferată, vagoanelor, locomotivelor şi vapoarelor. Cărbunele alimentează de asemenea motoarele cu abur şi produce căldura şi electricitatea necesară pentru fabricarea plugurilor, semănătorilor, secerătorilor (de asemenea, a primelor combine), a vagoanelor şi silozurilor, şi pentru funcționarea căilor ferate şi navelor care distribuie cerealele la consumatorii finali. Îngrăşămintele anorganice încep să pătrundă odată cu importurile de nitrați din Chile şi cu aplicarea fosfaților extraşi din Florida.

În 2021, Kansas este statul cu cea mai mare producție de grâu din țară, aşa încât ne mutăm în valea râului Arkansas. În inima ținutului american al grâului, fermele sunt acum de trei până la patru ori mai mari decât în urmă cu un secol10 – şi totuşi majoritatea muncii câmpului este efectuată doar de unul sau doi oameni care operează maşini de mari dimensiuni. Departamentul Agriculturii din SUA a încetat să mai numere animalele de tracțiune în 1961, iar muncile câmpului sunt acum dominate de tractoare

puternice – multe modele au acum peste 400 de cai-putere şi câte opt pneuri gigantice – care tractează utilaje late, cum ar fi pluguri din oţel (cu o duzină de brazde sau mai multe), semănători şi maşini de împrăştiat îngrăşăminte.11

Seminţele provin de la producători certificaţi, iar plantele tinere primesc cantităţi optime de îngrăşăminte anorganice – în special azot din belşug, aplicat ca amoniac sau uree – şi protecţie specifică împotriva insectelor, fungilor şi buruienilor. Recoltarea şi treieratul se fac cu ajutorul unor combine mari, care transferă cerealele direct în camioane, pentru a fi transportate la silozurile de depozitare şi vândute în toată ţara sau expediate cu vapoarele în Asia sau Africa. Producerea grâului necesită acum mai puţin de două ore de muncă umană pe hectar (faţă de 150 de ore în 1801) şi, cu recolte de circa 3,5 tone la hectar, asta înseamnă mai puţin de 2 secunde pe kilogramul de cereale.12

Mulţi oameni din zilele noastre vorbesc admirativ despre performanţele din informatica modernă („atât de multe date") sau din telecomunicaţii („atât de ieftin") – dar ce putem spune despre recolte? În două secole, munca umană pentru a produce un kilogram de grâu american s-a redus de la 10 minute la mai puţin de două secunde. Iată cum funcţionează cu adevărat lumea noastră modernă. Aşa cum am spus, aş fi putut să fac uluitoare reconstituiri similare ale scăderii aportului de muncă, creşterii recoltelor şi productivităţii pentru orezul din China sau India. Intervalele de timp ar fi fost diferite, dar câştigurile relative ar fi fost similare.

Cele mai multe dintre progresele tehnice fără îndoială remarcabile care au transformat industriile, transporturile, comunicaţiile şi traiul de zi cu zi ar fi fost imposibile dacă mai mult de 80% dintre toţi oamenii ar fi fost nevoiţi să

rămână în ținuturile rurale pentru a-şi produce pâinea zilnică (în 1800, partea din populația americană implicată în agricultură era de 83%) sau castronul zilnic de orez (în Japonia anului 1800, aproape 90% din populație locuia în sate). Drumul spre lumea modernă a început cu plugurile din oțel şi îngrăşămintele anorganice ieftine şi este necesară o examinare mai detaliată pentru a explica aceste aporturi indispensabile, care ne-au făcut să luăm ca de la sine înțeleasă o civilizație bine hrănită.

Ce intră

Agricultura preindustrială, efectuată cu muncă umană şi animală şi cu unelte simple din lemn şi fier a avut ca singură sursă de energie Soarele. Astăzi, ca întotdeauna, n-ar fi posibil să se obțină nicio recoltă fără fotosinteza determinată de Soare, dar producțiile mari la hectar obținute cu un aport minim de muncă şi, prin urmare, cu costuri extrem de reduse ar fi imposibile fără infuzarea directă şi indirectă a energiilor fosile.

Unele dintre aceste aporturi de energie antropogene provin din electricitate, care poate fi generată din cărbune, din gaze naturale sau din regenerabile, dar cele mai multe sunt hidrocarburi lichide şi gazoase folosite ca materii prime şi combustibili pentru maşini.

Maşinile consumă energii fosile direct, sub formă de motorină sau benzină, pentru lucrările agricole, inclusiv pomparea apei de irigații din puțuri, pentru prelucrarea şi uscarea recoltelor, pentru transportarea acestora pe teritoriul țării cu camioane, trenuri şi barje şi pentru exporturi în calele spațioase ale cargoboturilor. Utilizarea

indirectă a energiei în fabricarea acelor maşini este mult mai complexă, întrucât combustibilii fosili şi electricitatea intră nu doar în producerea oțelului, cauciucului, materialelor plastice, sticlei şi componentelor electronice, ci şi în asamblarea acestor părți componente în fabricarea de tractoare, unelte, combine, camioane, uscătoare de cereale şi silozuri.13

Dar energia necesară pentru a produce şi a alimenta maşinile agricole este neglijabilă în raport cu necesarul energetic pentru fabricarea produselor agrochimice. Agricultura modernă are nevoie de fungicide şi insecticide pentru a minimiza pierderile din recolte, de erbicide pentru a împiedica buruienile să concureze cu plantele utile pentru nutrienții şi apa disponibile. Toate acestea sunt produse energointensive, dar sunt aplicate în cantități relativ mici (doar fracțiuni de kilogram la hectar).14 În schimb, îngrăşămintele care furnizează plantelor cei trei macronutrienți esențiali – azotul, fosforul şi potasiul – necesită mai puțină energie pe unitatea de produs final, însă sunt folosite în cantități mai mari pentru a asigura producții mari la hectar.15

Potasiul este cel mai ieftin de produs, întrucât nu e nevoie decât de clorura de potasiu (KCl, postasa) din minele de suprafață sau subterane. Îngrăşămintele fosfatice încep cu excavarea fosfaților, urmată de procesarea lor pentru obținerea compuşilor sintetici superfosfați. Amoniacul este compusul inițial pentru obținerea tuturor îngrăşămintelor azotoase. Toate culturile de mare productivitate de grâu şi orez, precum şi multe legume, necesită mai mult de 100 (uneori şi până la 200) de kilograme de azot la hectar, iar acest necesar face din sinteza îngrăşămintelor azotoase cel mai important aport indirect de energie în agricultura modernă.16

De azot este nevoie în cantităţi atât de mari pentru că se află în toate celulele vii: îl găsim în clorofilă, a cărei excitare alimentează fotosinteza; în acizii nucleici ADN şi ARN, care stochează şi procesează toată informaţia genetică; şi în aminoacizi, care compun toate proteinele necesare creşterii şi menţinerii ţesuturilor noastre. Elementul este abundent – constituie aproape 80% din atmosferă, organismele trăiesc cufundate în acest element – şi totuşi este un factor limitator esenţial pentru productivitatea culturilor, precum şi în creşterea umană. Aceasta este una dintre marile realităţi paradoxale ale biosferei şi explicaţia ei este simplă. Azotul (sau nitrogenul) există în atmosferă ca moleculă non-reactivă (N_2) şi doar câteva procese naturale pot rupe legătura dintre cei doi atomi de azot, făcând elementul disponibil formării de compuşi reactivi.17·

Fulgerele pot face asta: produc oxizi de azot, care se dizolvă în ploaie şi formează nitraţii, după care pădurile, câmpurile şi păşunile primesc îngrăşământ de sus – dar evident că acest aport natural este prea mic pentru producerea unor recolte care să poată hrăni cele aproape 8 miliarde de locuitori ai planetei. Ceea ce fulgerul poate realiza cu temperaturi şi presiuni enorme, o enzimă (nitrogenaza) poate face în condiţii normale: este produsă de bacteriile asociate cu rădăcinile plantelor leguminoase (plantele cu boabe, precum şi unii copaci) sau care trăiesc liber în sol sau în plante. Bacteriile ataşate de rădăcinile plantelor leguminoase sunt responsabile în cea mai mare parte de fixarea naturală a azotului – adică de divizarea moleculei non-reactive de azot şi de încorporarea azotului în amoniac (NH_3), un compus puternic reactiv, care este uşor convertit în nitraţi solubili şi poate furniza plantelor azotul necesar, în schimbul acizilor organici sintetizaţi de plante.

Drept rezultat, culturile de leguminoase, inclusiv soia, fasole, mazăre, linte şi arahide, sunt capabile să-şi asigure (să-şi fixeze) propria rezervă de azot, lucru pe care îl fac şi leguminoasele de acoperire a solului, cum ar fi lucerna, trifoiul şi măzărichea. Dar cerealele principale, oleaginoasele (exceptând soia şi arahidele) şi plantele cu tuberculi nu pot face acest lucru. Singura cale prin care acestea pot beneficia de proprietățile de fixare a azotului ale leguminoaselor este rotația culturilor (cu lucernă, trifoi sau măzăriche); acestea sunt crescute câteva luni, apoi se ară terenul, îngropând plantele, astfel încât solul să se îmbogățească cu azot reactiv care să fie preluat de culturile care urmează (grâu, orez sau cartofi).18 În agriculturile tradiționale, singura altă variantă de îmbogățire a rezervelor de azot din sol consta în colectarea şi aplicarea de excremente umane şi animale. Dar aceasta este o metodă inerent laborioasă şi ineficientă de furnizare a nutrientului. Aceste reziduuri au un conținut de azot foarte redus şi sunt supuse pierderilor prin volatilizare (conversia lichidelor în gaze – mirosul de amoniac al bălegarului poate fi foarte puternic).

În agricultura preindustrială, reziduurile trebuiau colectate în sate şi oraş, fermentate în grămezi sau gropi şi – din cauza conținutului lor scăzut de azot – aplicate pe câmp în cantități foarte mari, de regulă 10 tone pe hectar, dar uneori până la 30 de tone (valoarea din urmă fiind echivalentă cu masa a 25-30 de automobile europene mici), pentru a asigura necesarul de azot. Deloc surprinzător, aceasta era operația cea mai cronofagă din agricultura tradițională, necesitând cel puțin o cincime, şi cel mult o treime din toată munca (umană şi animală) depusă în lucrările agricole. Reciclarea deşeurilor organice nu se numără printre subiectele tratate în mod curent de romancierii celebri, dar Émile Zola, mereu un realist desăvârşit, a surprins

importanța acestei operații când l-a descris pe Claude, un tânăr pictor parizian, căruia „îi plăcea destul de mult bălegarul”. Claude se oferă să arunce în groapă „noroaiele halelor, murdăriile căzute de la această masă gigantică rămâneau astfel vii, se întorceau acolo unde crescuseră legumele, ca să țină de cald altor generații de verze, de napi şi de morcovi. Trăiau din nou sub forme minunate şi reveneau să se etaleze pe trotuarele halelor. Parisul putrezea toate celea, restituind totul pământului care, veşnic neobosit, dregea ceea ce moartea strica”.19

Dar cu ce costuri de trudă umană! Această barieră de azot în calea producțiilor agricole mari a fost clintită doar în secolul XIX, când în Chile au început să fie extraşi şi exportați nitrații, primul îngrăşământ azotos anorganic. Apoi, bariera a fost ruptă definitiv în 1909, când Fritz Haber a inventat sinteza amoniacului, care a început să fie comercializat rapid (amoniacul a fost prima oară expediat în 1913), însă producția ulterioară a crescut lent şi aplicarea pe scară largă a îngrăşămintelor azotoase a trebuit să aştepte până după al Doilea Război Mondial.20. Noile soiuri foarte productive de grâu şi orez apărute în anii 1960 nu-şi puteau exprima pe deplin potențialul fără îngrăşămintele azotoase sintetice. Iar marea transformare a productivității cunoscută ca Revoluția Verde nu ar fi putut avea loc fără această combinație între soiuri mai bune şi răspândirea aplicării azotului.21

Începând din anii 1970, sinteza îngrăşămintelor azotoase a fost fără îndoială primus inter pares dintre subvențiile energetice agricole – dar întreaga amploare a acestei dependențe nu ne este dezvăluită decât dacă examinăm cantitățile detaliate de energie necesară pentru producerea diferitelor alimente comune. Pentru exemplificare, am ales trei dintre ele şi le-am ales pe acestea datorită dominanței

lor nutriționale. Pâinea a fost de milenii alimentul principal al civilizației europene. Date fiind interdicțiile religioase privind consumul de carne de porc şi de vită, carnea de pui a fost singura favorizată universal. Şi nicio altă legumă (deşi, din punct de vedere botanic, este un fruct) nu depăşeşte producția anuală de roşii, care acum sunt cultivate nu doar pe câmp, în aer liber, ci tot mai mult în sere din plastic sau din sticlă.

Fiecare dintre aceste alimente are un rol nutrițional diferit (pâinea este consumată pentru carbohidrați, carnea de pui pentru proteinele sale perfecte, iar roşiile pentru conținutul de vitamina C), dar niciunul dintre ele nu ar putea fi produs atât de des întâlnit, de sigur şi de ieftin fără cantitățile considerabile de combustibil fosil. În cele din urmă, producția noastră de hrană se va schimba, dar deocamdată şi pentru viitorul previzibil, nu putem hrăni planeta fără să recurgem la combustibilii fosili.

Costuri energetice pentru pâine, carne de pui şi tomate

Dată fiind enorma varietate a pâinii, o să mă rezum la doar câteva varietăți de pâine din aluat dospit comune în regimurile alimentare occidentale şi disponibile acum în multe alte locuri, începând din vestul Africii (outre-mer, domeniul baghetei franțuzeşti) şi până în Japonia (toate magazinele universale au un sector de brutărie franceză sau germană). Trebuie să începem cu grâul şi, din fericire, nu sunt puține studiile care au încercat să cuantifice toate inputurile de combustibil şi electricitate şi să le compare pe suprafață recoltată sau pe unitate de produs pentru diferite

tipuri de culturi cerealiere.22 Cultivarea cerealelor se află la baza scării subvențiilor energetice, pentru că necesarul este relativ mic în comparație cu celelalte alimente alese de noi, dar, aşa cum vom vedea, tot are nevoie de o cantitate de energie surprinzător de mare.

Producția americană eficientă de grâu neirigat de pe întinsele suprafețe ale Marilor Câmpii necesită doar circa 4 megajouli pe kilogram de cereale. Întrucât o parte foarte mare din această energie este sub forma motorinei rafinate din țiței, comparația ar putea fi mai tangibilă dacă ar fi exprimată în echivalente, în locul unităților standard pentru energie (jouli).23

Mai mult, exprimarea necesarului de motorină în termeni de volume pe unitatea de produs comestibil (fie el 1 kilogram, o pâine sau o masă) ne ajută să ne imaginăm mai uşor aceste subsidii energetice.

Ținând cont că motorina conține 36,9 megajouli pe litru, costul energetic tipic al grâului provenit din Marile Câmpii este de aproape 100 mililitri (1 decilitru sau 0,1 litri) de motorină pe kilogram – doar un pic mai puțin decât jumătate din măsura americană pentru ceaşcă.24 Voi folosi echivalente volumetrice specifice ale motorinei pentru a eticheta alimentele individuale cu energia încorporată în producerea lor.

Pâinea cu maia este cel mai simplu tip de pâine din aluat dospit, un aliment de bază al civilizației europene. Ea conține doar făină de grâu, apă şi sare, iar plămădeala se face, bineînțeles, din făină şi apă. Un kilogram din această pâine va conține cam 580 de grame de făină, 410 grame de apă şi 10 grame de sare.25 Măcinatul – adică separarea tărâței (stratul exterior) de bob – reduce masa cerealelor

măcinate cu circa 25% (o rată de extracție a făinii de 72-76%).26 Aceasta înseamnă că pentru a obține 580 de grame de făină, trebuie să începem cu circa 800 grame de grâu integral, iar pentru a-l produce este nevoie de 80 mililitri de motorină echivalentă.

Măcinarea cerealelor necesită un echivalent de circa 50 mL/kg pentru a produce făină albă, în vreme ce datele publicate pentru coacerea pe scară largă în întreprinderile moderne eficiente – care consumă gaz natural şi electricitate – arată echivalente de combustibil de 100 – 200 mL/kg.27· Cultivarea şi măcinarea grâului şi coacerea unui kilogram de pâine cu maia necesită prin urmare un input de energie echivalent cu cel puțin 250 mililitri de motorină, un volum ceva mai mare decât măsura americană pentru ceaşcă. Pentru o baghetă standard de 250 de grame, energia echivalentă încorporată este de circa 2 linguri de motorină; pentru o Bauernbrot mare nemțească (2 kilograme) ar fi nevoie de circa 2 ceşti de motorină (mai puțin pentru pâinea din grâu integral).

Costul real de energie fosilă este şi mai mare, pentru că doar o mică parte din pâine este acum coaptă acolo unde este cumpărată. Chiar şi în Franța, acele boulangeries de cartier au dispărut şi baghetele sunt distribuite de la brutăriile mari: economiile de energie aduse de randamentele producției la scară industrială sunt anulate de creşterea costurilor de transport, iar costul total (de la cultivarea şi măcinarea cerealelor la coacerea într-o brutărie mare şi distribuirea pâinii la consumatorii aflați la distanță) poate avea un consum echivalent de energie de până la 600 mL/kg!

Dar dacă raportul tipic (aproximativ 5:1) dintre masa comestibilă şi masa energiei încorporate (1 kilogram de

pâine comparat cu circa 210 grame de motorină) pare neliniştitor de mare, să ne amintim că, aşa cum am menționat deja, cerealele – chiar şi după prelucrare şi transformare în alimentele noastre preferate – se află la baza scării subsidiilor energetice pentru hrana noastră. Care ar fi consecințele dacă se urmează o asemenea recomandare dubioasă de dietă, promovată acum de către unii susținători sub eticheta înşelătoare de „dieta paleolitică”, care ar presupune evitarea tuturor cerealelor şi trecerea la un regim alimentar compus numai din carne, peşte, legume şi fructe?

În loc să reconstituim costul energetic al cărnii de vită (un tip de carne care a fost deja mult defăimat), voi cuantifica consumurile de energie ale cărnii cel mai eficient produse – cea a puilor crescuți în hale mari în aşa-numitele operațiuni centrale de hrănire a animalelor (OCHA). În cazul puilor de găină, asta înseamnă adăpostirea şi hrănirea a zeci de mii de păsări în clădiri lungi rectangulare, unde stau îngrămădite în spații slab iluminate (echivalentul unei nopți cu lună) şi hrănite timp de circa şapte săptămâni înainte de a fi duse la abator.28 Departamentul pentru Agricultură din SUA publică anual statistici privind eficiența hrănirii animalelor domestice, iar în ultimele cinci decenii, aceste raporturi (unități de hrană exprimată în termeni de boabe de porumb pe unitate de greutate în viu) nu arată vreo tendință de scădere nici pentru carnea de porc, nici pentru cea de vită, dar prezintă câştiguri impresionante pentru pui.29

În 1950, 3 unități de hrană erau necesare pe unitatea de greutate pentru puii vii; acum acel număr este de doar 1,82, cam o treime din raportul pentru porci şi o şeptime din raportul pentru vite.30 În mod evident, păsările nu sunt consumate în întregime (sunt excluse penele şi oasele), iar ajustarea pentru greutatea comestibilă (cam 60% din greutatea în viu) duce la cel mai scăzut raport hrană/carne

la 3:1. Pentru a produce un pui american (a cărui greutate comestibilă medie este acum de aproape 1 kilogram) este nevoie de 3 kilograme de boabe de porumb.31 Cultivarea eficientă, neirigată (numai cu apa din precipitații) a porumbului are drept rezultat producții mari şi costuri energetice relativ scăzute – echivalent cu circa 50 mililitri de motorină pe kilogramul de boabe – dar costul energetic al porumbului irigat poate fi dublu față de cel al porumbului neirigat şi, pe plan mondial, producțiile tipice şi eficiența de hrănire sunt mai mici decât în SUA. În consecință, numai costurile de hrănire pot fi de minimum 150 de mililitri de motorină pe kilogram de carne comestibilă şi de maximum 750 mL / kg.

Alte costuri energetice provin din comerțul intercontinental de furaje: este dominat de exporturile americane de porumb şi boabe de soia şi de vânzările de soia din Brazilia. Cultivarea soiei braziliene necesită echivalentul a 100 de mililitri de motorină pe kilogram de boabe, dar transportul recoltei din regiunile producătoare în porturi şi expedierea ei în Europa dublează costul energetic.32 Creşterea puilor până la greutatea de tăiere mai necesită energie pentru căldură, aer condiționat şi întreținerea adăposturilor pentru păsări, pentru furnizarea apei şi a rumeguşului şi pentru eliminarea compostului rezidual. Aceste cerințe variază mult cu poziția geografică (în special datorită condiționării aerului pe timp de vară şi a încălzirii pe timpul iernii), astfel încât, când se combină cu costul energetic al hranei livrate rezultă o gamă largă de volume – de la 50 la 300 mililitri pe kilogram de carne comestibilă.33

Cea mai conservatoare rată combinată pentru hrănire şi creştere a păsărilor ar fi astfel un echivalent de circa 200 mililitri de motorină pe kilogram de carne, dar valorile pot urca până la 1 litru. Adăugând energia necesară pentru

tăierea şi procesarea păsărilor (carnea de pui este acum vândută în mod covârşitor ca părți, nu ca pui întregi), vânzarea cu amănuntul, depozitarea şi refrigerarea în gospodărie şi în sfârşit gătitul, necesarul total de energie pentru a pune un kilogram de pui fript pe farfurii creşte până la cel puțin 300 – 350 de mililitri de țiței: un volum egal cu aproape o jumătate de sticlă de vin (şi, pentru producătorii mai puțin eficienți, la peste 1 litru).

Minimumul de 300-350 mL/kg este o performanță de o eficiență remarcabilă în comparație cu ratele de 210-250 mL/kg pentru pâine, iar acest lucru se reflectă în prețurile comparativ reduse ale cărnii de pui. În oraşele americane, prețul mediu al unui kilogram de pâine albă este cu doar 5% mai mic decât prețul mediu pe kilogram de pui întreg (iar pâinea din grâu integral este cu 35% mai scumpă!), în vreme ce în Franța 1 kilogram de pui întreg standard costă doar cu circa 25% mai mult decât prețul mediu al pâinii.34 Aceasta ar putea explica de ce carnea de pui devine rapid carnea dominantă în toate țările vestice (în plan global, carnea de porc continuă să fie în frunte, datorită cererii enorme din China).

Dat fiind că veganii au preamărit consumul de plante şi că în media au apărut nenumărate articole privind costurile de mediu ridicate ale cărnii, ați putea crede că aceste câştiguri în costurile energetice ale cărnii de pui au fost depăşite de cele asociate cultivării şi vânzării legumelor. Ați greşi dacă ați crede aşa ceva. De fapt, putem spune că dimpotrivă şi nu există un exemplu mai bun care să ilustreze aceste sarcini energetice surprinzător de mari decât să examinăm îndeaproape roşiile. Acestea le au pe toate – culoare atractivă, o varietate de forme, coajă moale şi interior suculent. Din perspectivă botanică, roşia este fructul plantei Lycopersicon esculentum, nativă în America Centrală şi de

Sud, care a fost răspândită în restul lumii în epoca primelor navigații transatlantice europene, dar care a avut nevoie de generații ca să devină atractivă în toată lumea.35 Mâncate ca atare, în supe, umplute, coapte, tocate, fierte, făcute piure în sosuri şi adăugate la nenumărate salate şi feluri de mâncare, au devenit acum favorite globale, adoptate în țări începând cu țările de baştină, Mexic şi Peru, până în Spania, Italia, India şi China (acum cel mai mare producător de tomate).

Compendiile nutriționale îi laudă conținutul ridicat de vitamina C. Într-adevăr, o roşie mare (200 grame) poate furniza două treimi din doza zilnică recomandată pentru un adult.36 Dar, la fel ca toate fructele proaspete şi suculente, nu este mâncată pentru conținutul energetic; în mod covârşitor, este doar un rezervor de apă cu formă atrăgătoare, apa constituind 95% din masa ei. Restul este în principal alcătuit din carbohidrați, puține proteine şi abia nişte urme de lipide.

Roşiile pot fi cultivate în orice loc care are măcar 90 de zile calde pe an, inclusiv pe terasa unei cabane la malul mării din apropiere de Stockholm sau într-o grădină din preriile canadiene (în ambele cazuri, din răsaduri crescute în interior). Cultivarea comercială este totuşi o cu totul altă chestiune. La fel ca toate fructele şi legumele (cu câteva mici excepții) care sunt consumate în societățile moderne, cultivarea tomatelor este o operație extrem de specializată şi cele mai multe dintre soiurile care se găsesc în supermarketurile din Europa şi America de Nord provin din doar câteva locuri. În SUA, din California; în Europa, din Italia şi Spania.

Pentru a le creşte productivitatea şi calitatea şi pentru a reduce intensitatea inputurilor de energie, tomatele sunt tot

mai mult cultivate în spații închise acoperite cu plastic, cu tuneluri, sau în sere – nu doar în Canada şi Olanda, ci şi în Mexic, China, Spania şi Italia.

Ajungem astfel din nou la combustibilii fosili şi electricitate. Materialele plastice sunt o alternativă mai ieftină la construirea serelor din sticlă multi-tunel, iar cultivarea tomatelor mai necesită clipsuri, pene de fixare şi rigole din plastic. Acolo unde plantele cresc în aer liber, foliile din plastic sunt folosite la acoperirea solului, pentru reducerea evaporării apei şi pentru a împiedica apariția buruienilor. Sinteza compuşilor plastici se bazează pe hidrocarburi (țiței şi gaze naturale), atât ca materii prime, cât şi pentru energia necesară producerii lor. În materiile prime intră etanul şi lichide din gaze naturale, şi neofalina, produsă în timpul rafinării țițeiului. Gazul natural este folosit de asemenea drept combustibil în producerea plasticului şi este (aşa cum s-a menționat deja) cea mai importantă materie primă – sursa de hidrogen – pentru sinteza amoniacului. Alte hidrocarburi servesc ca materii prime pentru producerea compuşilor protectori (insecticide şi fungicide), deoarece nici când sunt crescute în sere din sticlă sau din plastic, plantele nu sunt imune la dăunători şi infecții.

Exprimarea în bani a costurilor operative anuale ale cultivării roşiilor se poate face uşor însumând cheltuielile legate de răsaduri, îngrăşăminte, agrochimice, apă, încălzire şi muncă şi distribuind proporțional costurile construcțiilor şi dispozitivelor – suporturi metalice, folii din plastic, sticlă, conducte, jgheaburi, încălzitoare – care au o vechime mai mare de un an. Dar să cumulezi o factură de energie atotcuprinzătoare nu e la fel de simplu. Inputurile directe de energie sunt uşor de cuantificat pornind de la facturile de electricitate şi achizițiile de benzină sau motorină, dar calcularea fluxurilor indirecte în producția de materiale

necesită contabilitate specializată şi, de obicei, câteva supoziții.

Studii detaliate au cuantificat aceste inputuri şi le-au multiplicat cu costurile lor de energie tipice. De exemplu, sinteza şi ambalarea unui kilogram de îngrăşământ azotos necesită un echivalent de aproape 1,5 litri de motorină. Deloc surprinzător, aceste studii prezintă o gamă largă de totaluri, dar un studiu – probabil cel mai meticulos studiu al cultivării roşiilor în serele multi-tunel încălzite şi neîncălzite din Almería, Spania – a conchis că necesarul de energie cumulativ al producției nete este de peste 500 mililitri de motorină (peste 2 ceşti) pe kilogram pentru serele încălzite şi de numai 150 mL/kg pentru serele neîncălzite.37·

În mare parte, obținem acest cost energetic ridicat deoarece roşiile de seră sunt printre cele mai fertilizate culturi din lume: pe unitatea de suprafață, ele primesc de până la 10 ori mai mult azot (şi fosfor) decât este folosit pentru producerea porumbului, cea mai importantă cultură de câmp din America.38 Sulful, magneziul şi alți micronutrienți sunt şi ei folosiți, la fel ca substanțele chimice de protecție împotriva insectelor şi fungilor. Încălzirea este cea mai importantă utilizare directă a energiei în cultivarea în seră. Ea prelungeşte sezonul de creştere şi îmbunătățeşte calitatea culturii, dar, inevitabil, când este întrebuințată în țările cu climă rece devine cel mai mare consumator de energie.

Serele din plastic situate în extremitatea sudică a provinciei Almería sunt cea mai mare suprafață acoperită din lume destinată cultivării comerciale a legumelor proaspete: circa 40 000 de hectare (echivalent cu un pătrat cu latura de 20 de kilometri) uşor de identificat pe imaginile din satelit – puteți căuta şi singuri pe Google Earth. Puteți chiar face un

tur pe Google Street View, care oferă o experiență din altă lume a acestor structuri joase, acoperite cu plastic. Sub această mare din plastic, cultivatorii spanioli şi muncitorii lor localnici sau imigranți din Africa produc anual (la temperaturi care adesea depăşesc 40°C) aproape 3 milioane de tone de legume timpurii şi în afara sezonului (roşii, ardei, fasole verde, zucchini, vinete, pepeni) şi unele fructe, şi exportă cam 80% din această producție în țările UE.39 Un camion care transportă 13 tone de roşii din Almería până la Stockholm parcurge 3 745 de kilometri şi consumă circa 1 120 litri de motorină.40 Rezultă un consum de 90 mililitri pe kilogram de tomate, iar transportul, depozitarea şi ambalarea la centrele de distribuție regionale, precum şi livrările la magazine ridică acest consum la aproape 130 mL/kg.

Asta înseamnă că, atunci când sunt cumpărate dintr-un supermarket scandinav, roşiile din serele de plastic încălzite din Almería au un cost energetic încorporat în producție şi transport uluitor de mare. Este echivalent cu circa 650 mL/kg sau peste cinci linguri (fiecare conținând 14,8 mililitri) de motorină pe fiecare roşie de dimensiune medie (125 grame)! Se poate regiza – uşor şi fără pierderi – o demonstrație „de birou” a acestui subsidiu de combustibil fosil tăind o roşie de acea dimensiune, aşezând feliile pe o farfurie şi punând peste felii 5 –6 linguri de ulei închis la culoare (uleiul de susan are o culoare potrivită). Când sunteți suficient de impresionat de încărcătura de combustibil fosil a acestui aliment simplu, puteți vărsa conținutul farfuriei într-un castron şi mai adăugați două sau trei tomate, ceva sos de soia, sare, piper şi semințe de susan şi vă puteți bucura de o salată de roşii gustoasă. Câți vegani care savurează salata sunt conştienți de substanțialul ei pedigri de combustibil fosili?

Motorina din spatele fructelor-de-mare

Valorile mari ale productivității din societățile moderne au făcut din vânatul pe uscat (împuşcarea sezonieră a unor mamifere şi păsări sălbatice) o sursă marginală de nutriție în toate societățile bogate. Carnea de la animalele sălbatice, în mare parte vânate ilegal, continuă să fie răspândită în mai toată Africa sub-sahariană, însă, odată cu creşterea rapidă a populațiilor, chiar şi acolo a încetat să fie o sursă principală de proteină animală. Prin contrast, vânatul marin n-a fost niciodată practicat pe o scară atât de largă şi mai intensiv decât în zilele noastre, când flote uriaşe de ambarcațiuni – de la marile fabrici plutitoare moderne până la micile bărci şubrede – cutreieră oceanele lumii în căutare de peşte şi crustacee sălbatice.41

Rezultă însă că prinderea a ceea ce italienii numesc atât de poetic frutti di mare este cel mai energointensiv proces de aprovizionare cu hrană. Desigur, nu toate aceste fructe-de-mare sunt greu de prins şi pentru capturarea unor specii încă des întâlnite nu este nevoie de expediții lungi în regiunile îndepărtate ale Pacificului de Sud. În cazul speciilor pelagice (care trăiesc aproape de suprafața apei), cum ar fi anşoa, sardine şi macrou, care se găsesc în cantități îndestulătoare, pescuitul se poate face cu investiții relativ mici de energie – indirect, în construirea navelor şi fabricarea năvoadelor mari, şi direct, în motorina consumată de motoarele navelor. Cele mai bune estimări ne arată că pentru astfel de capturi cheltuiala energetică poate fi de

doar 100 mL/kg, echivalent cu o jumătate de ceaşcă de motorină.42

Dacă vrem să mâncăm peşte sălbatic cu amprenta de carbon cea mai redusă, trebuie să ne rezumăm la sardine. Media pentru toate fructele-de-mare este uluitor de ridicată – 700 mL/kg (aproape o sticlă de vin plină cu motorină) – iar pentru unii creveți sălbatici şi homari se ajunge, incredibil, la peste 10 L/kg (iar asta include o proporție mare de cochilii necomestibile!).42 Ceea ce înseamnă că doar două frigărui de creveți sălbatici de mărime medie (greutate totală de 100 grame) ar putea necesita 0,5-1 litru de motorină pentru capturare – echivalentul a 2-4 ceşti de motorină.

Dar, vor obiecta cititorii, creveții sunt acum obținuți în cea mai mare parte din acvacultură şi oare aceste operații industriale la scară mare nu se bucură de aceleaşi avantaje pe care le-am valorificat cu succes în cazul puilor? Din păcate, nu, din cauza diferențelor metabolice fundamentale. Puii sunt erbivori, iar când sunt ținuți în spații restrânse, cheltuiesc puțină energie cu mişcarea. Prin urmare, hrănirea lor cu material vegetal corespunzător – acum, în majoritate, o combinație de mixturi pe bază de porumb şi soia – îi va face să crească rapid. Din păcate, speciile marine pe care oamenii preferă să le consume (somon, biban de mare, ton) sunt carnivore, iar pentru creşterea lor corespunzătoare trebuie hrănite cu produse din peşte bogat în proteine şi ulei de peşte derivate din recoltele de specii sălbatice, cum sunt anşoa, sardine, capelin, hering şi macrou.

Extinderea acvaculturii – a cărei producție totală globală, pentru apa dulce şi marină, se apropie acum de captura mondială de peşte sălbatic (în 2018 a fost de 82 milioane de tone în comparație cu 96 milioane de tone de peşte sălbatic)

– a redus presiunea asupra unor specii preferate de peşti carnivori, supuse pescuitului excesiv, dar a intensificat exploatarea speciilor erbivore mai mici, care sunt necesare în cantități tot mai mari pentru a asigura hrana acvaculturii în extindere.44 În consecință, costurile energetice pentru creşterea bibanului de mare mediteraneean în cuşti (Grecia şi Turcia sunt cei mai mari producători) sunt în mod curent echivalente cu până la 2 – 2,5 litri de motorină pe kilogram (un volum echivalent cu circa trei sticle de vin) – adică, de acelaşi ordin de mărime cu costurile energetice ale capturării speciilor sălbatice de dimensiuni similare.

După cum este de aşteptat, doar peştii erbivori de acvacultură care cresc bine consumând alimente pe bază de plante – în special diferite specii de crap chinezesc (cele mai răspândite sunt novacul (Hypophthalmichthys nobilis), crapul argintiu (Hypophthalmichthys molitrix), crapul negru (Mylopharyngodon piceus) şi cosaşul (Ctenopharyngodon idella)) – au un cost energetic scăzut, de regulă mai mic de 300 mL/kg. Dar, la cinele tradiționale de Crăciun din Austria, Republica Cehă, Germania şi exceptând Polonia, crapul nu este o alegere culinară populară în Europa şi este rar consumat în America de Nord, pe când cererea de ton, cu unele specii de ton fiind acum printre cele mai periclitate carnivore marine, a crescut foarte mult datorită adoptării rapide pe plan mondial a felului de mâncare sushi.

Aşadar, dovezile sunt incontestabile: hrana noastră – fie că vorbim de cereale, păsări de curte, legumele preferate sau fructele-de-mare lăudate pentru calitățile lor nutriționale – a devenit tot mai mult dependentă de combustibilii fosili. Această realitate fundamentală este în mare măsură ignorată de cei care nici măcar nu încearcă să înțeleagă cum funcționează de fapt lumea noastră şi care prezic acum o decarbonizare rapidă. Aceiaşi oameni ar fi şocați să afle că

situația noastră actuală nu poate fi schimbată ușor sau rapid. Așa cum am văzut în capitolul precedent, ubicuitatea și scara largă a acestei dependențe sunt prea mari pentru așa ceva.

Combustibil și hrană

Mai multe studii au urmărit creșterea dependenței producției de hrană de inputurile de energie moderne – îndeosebi de origine fosilă – începând cu absența acesteia la începutul secolului al XIX-lea până la ratele recente (situate între mai puțin de 0,25 tone de țiței pe hectar în cultivarea cerealelor și de peste 10 ori mai mult în cultivarea plantelor în sere încălzite).45 Probabil că cel mai bun mod de a ne da seama de amploarea acestei dependențe globale este să comparăm creșterea subsidiilor energetice externe cu expansiunea terenului cultivat și creșterea populației planetare. Între 1900 și 2000, populația globului a crescut de aproape patru ori (mai exact, de 3,7 ori), în vreme ce suprafața terenurilor agricole a crescut doar cu 40%, însă calculele mele arată că subsidiile de energie antropogenă din agricultură au crescut de 90 de ori, în frunte situându-se energia încorporată în substanțele agrochimice și în combustibilii consumați direct de mașinile agricole.46

Am calculat de asemenea și sarcina globală relativă a acestei dependențe. Însumate, inputurile de energie antropogenă în agricultura modernă (inclusiv tot transportul), pescuit și acvacultură constituie doar 4% din utilizarea anuală globală de energie din perioada recentă. S-ar putea să pară o cotă-parte surprinzător de mică, dar să nu uităm că Soarele va face întotdeauna cea mai mare parte din munca de creștere

a hranei şi că subsidiile externe de energie țintesc acele componente ale sistemului alimentar în care sunt aşteptate cele mai mari câştiguri prin reducerea sau eliminarea constrângerilor naturale – fie prin fertilizare, irigare, protecție împotriva insectelor, fungilor şi a plantelor rivale sau prin recoltarea promptă a recoltelor mature. Cota-parte scăzută poate fi văzută şi ca încă un exemplu convingător de inputuri mici care au consecințe disproporționat de mari, un aspect des întâlnit în comportamentul sistemelor complexe. Să ne gândim la vitamine şi minerale, necesare zilnic în cantități de ordinul miligramelor (vitamina B6 sau cupru) sau microgramelor (vitamina D, vitamina B12) pentru a menține în formă bună corpuri cântărind zeci de kilograme.

Dar energia necesară pentru producerea hranei – lucrările agricole, creşterea animalelor şi obținerea fructelor-de-mare – este doar o parte din nevoile totale de combustibil şi electricitate legate de alimentație, iar estimarea utilizării în tot lanțul alimentar arată o cotă-parte mult mai mare din rezerva totală. Datele noastre cele mai bune sunt disponibile pentru SUA, unde, mulțumită prevalenței tehnicilor moderne şi a reducerii costurilor în cazul producției de masă, utilizarea directă a energiei în producerea hranei este acum de ordinul a 1% din rezerva națională totală.47· Dar după ce se adaugă energia necesară pentru procesarea şi marketingul alimentelor, ambalare, transport, depozitare angro şi serviciile de retail, depozitarea şi prepararea acasă a alimentelor şi alimentele servite departe de casă şi serviciile de marketing, totalul general în SUA a ajuns la aproape 16% din rezerva națională de energie în 2007, pentru ca acum să se apropie de 20%.48 Factorii care determină această creştere a necesarului energetic sunt de la unificarea tot mai mare a producției – şi prin urmare o nevoie crescândă de transport – şi dependența din ce în ce

mai mare de importul de alimente, până la faptul că mai multe mese sunt consumate departe de casă, iar acasă sunt consumate mai multe mâncăruri gata preparate (din motive de confort).49

Există multe motive pentru care ar fi bine să nu mai continuăm multe din practicile actuale de producere a hranei. Contribuția majoră a agriculturii la generarea gazelor de seră este acum cea mai des menționată justificare pentru adoptarea unor căi diferite. Dar cultivarea plantelor, creşterea animalelor şi acvacultura din zilele noastre au multe alte influențe nedorite asupra mediului, de la pierderea biodiversității la crearea unor zone moarte în apele de coastă (pentru mai multe detalii despre acest subiect vezi capitolul 6) şi nu există motive întemeiate pentru menținerea actualei producții excesive de hrană cu pierderile de hrană asociate. Într-adevăr, multe schimbări sunt în mod clar dezirabile, dar cât de repede pot avea ele loc cu adevărat şi cât de radicală poate fi în realitate reformarea comportamentelor noastre curente?

Ne putem întoarce în timp?

Putem inversa măcar unele dintre aceste tendințe? Poate planeta aceasta locuită de, în curând, 8 miliarde de oameni, să se hrănească menținând totodată o varietate de culturi şi produse animale şi calitatea alimentației preponderente – fără îngrăşăminte anorganice şi fără celelalte substanțe agrochimice? Am putea să revenim la cultivarea pur organică, bazându-ne doar pe deşeurile organice reciclate şi controlul natural al dăunătorilor şi am putea să ne descurcăm fără irigarea cu apă pompată de maşini

mecanice şi fără maşinile agricole, aducând înapoi animalele de tracțiune? Am putea, dar agricultura pur organică ar impune ca majoritatea dintre noi să părăsim oraşele, să repopulăm satele, să desființăm hrănirea centralizată a animalelor şi să readucem toate animalele în ferme, pentru a le folosi la muncile agricole şi ca surse de bălegar.

În fiecare zi va trebui să hrănim şi să adăpăm animalele, să curățăm cu regularitate bălegarul, să-l punem la fermentat şi apoi să-l împrăştiem pe câmp şi să avem grijă de turmele de animale şi de cârdurile de păsări pe păşune. Odată cu fluctuațiile necesarului de muncă sezonieră, bărbații vor ține de coarnele plugurilor trase de echipaje de cai; femeile şi copiii vor planta şi vor plivi loturile de legume şi zarzavat; şi toată lumea îşi va aduce contribuția în perioadele de recoltare şi de tranşare a cărnii, strângând snopi de grâu, scoțând cartofii din pământ, ajutând la transformarea în alimente a porcilor şi gâştelor proaspăt tăiate. Nu prevăd ca mulțimea de susținători online ai ideii de „organic" şi „verde" să îmbrățişeze prea curând aceste opțiuni. Şi chiar dacă ar fi dispuşi să părăsească oraşele şi să adopte muncile câmpului, tot nu ar putea produce decât atât cât ar fi suficient pentru a hrăni jumătate din populația actuală a globului.

Nu e dificil să găsim cifrele care să confirme cele de mai sus. Declinul muncii umane necesare pentru producerea grâului american evidențiată mai sus, în acest capitol, este exemplul excelent privind impactul general pe care mecanizarea şi substanțele agrochimice îl au asupra mărimii forței de muncă angrenate în agricultura țării. Între 1800 şi 2020, am redus cu peste 98% munca fizică necesară pentru producerea unui kilogram de cereale – şi tot cu atât s-a redus şi partea din populația țării care lucrează în agricultură.50 Asta ne oferă un indicator util privind

transformările economice profunde care ar trebui să aibă loc pentru orice diminuare a mecanizării din agricultură şi orice reducere a folosirii substanțelor agrochimice.

Cu cât s-ar reduce mai mult aceste servicii bazate pe combustibilii fosili, cu atât mai mare va fi nevoia ca forța de muncă să părăsească oraşele pentru a produce hrana în mod tradițional. Înainte de 1920, în perioada de vârf a populației de cai şi catâri din SUA, un sfert din terenul agricol al țării era dedicat cultivării nutrețului pentru cele peste 25 de milioane de cai şi catâri ai țării – în condițiile în care atunci fermele americane aveau de hrănit doar circa 105 milioane de oameni. În mod evident, hrănirea celor peste 330 de milioane de oameni folosind „doar" 25 de milioane de cai ar fi imposibilă. Iar fără îngrăşămintele chimice, producțiile de hrană şi de nutreț dependente de reciclarea materiei organice ar fi doar o fracțiune din recolta actuală. Porumbul, cea mai mare cultură agricolă din America, producea mai puțin de 2 tone la hectar în 1920 şi 11 tone pe hectar în 2020.51 Ar fi nevoie de milioane de animale de tracțiune suplimentare pentru a se cultiva practic tot terenul agricol disponibil şi ar fi imposibil să găsim suficientă materie organică reciclabilă (şi muncitori care, asemenea lui Claude, să îndrăgească bălegarul!) sau să cultivăm suprafețe suficiente de „bălegar verde" (rotația grâului cu lucernă sau trifoi) pentru a egala nutrienții furnizați prin aplicarea îngrăşămintelor chimice din zilele noastre.

Această imposibilitate este cel mai bine ilustrată prin câteva comparații simple. Reciclarea materiei organice este întotdeauna foarte dezirabilă, căci îmbunătățeşte structura solului, îi creşte conținutul organic şi asigură energia pentru multitudinea de microbi şi nevertebrate din sol. Dar conținutul foarte scăzut de azot al materiei organice

înseamnă că fermierii trebuie să aplice cantități foarte mari de paie sau bălegar pentru a furniza cantități suficiente din acest nutrient esențial pentru plante astfel încât acestea să producă recolte mari. Conținutul de azot al paielor de cereale (cel mai abundent reziduu de pe urma recoltelor) este întotdeauna scăzut, de obicei între 0,3 şi 0,6%: reziduurile umane fermentate (numit în China „sol de noapte") au doar 1-3%; iar bălegarul împrăştiat pe câmp rareori conține mai mult de 4%.

În schimb, ureea, care acum este îngrăşământul azotos solid dominant în lume, conține 46% azot, nitratul de amoniu are 23%, iar soluțiile lichide des folosite conțin 28-32%, o densitate de azot cu cel puțin un ordin de mărime mai mare decât reziduurile reciclabile.52 Asta înseamnă că, pentru a furniza aceeaşi cantitate de nutrienți culturilor în creştere, un fermier ar trebui să împrăştie o masă de bălegar de 10 până la 40 de ori mai mare – iar în realitate s-ar putea să fie nevoie chiar de mai mult, pentru că fracții semnificative de compuşi azotoşi se pierd în urma volatilizării sau se dizolvă în apă şi purtate mai jos de nivelul rădăcinilor, pierderile cumulate de azot din materia organică fiind aproape întotdeauna mai mari decât cele asociate cu îngrăşăminte sintetice, lichide sau solide.

În plus, necesarul de muncă ar creşte mai mult decât proporțional, căci manipularea, transportul şi împrăştierea bălegarului sunt mult mai dificile decât atunci când ai de-a face cu granule mici, uşor curgătoare, care pot fi aplicate fără probleme de împrăştietoare mecanice sau (cum se face cu ureea pe micile terenuri plantate cu orez din Asia) pur şi simplu manual. Şi oricât de mult efort s-ar depune pentru reciclarea organică, masa totală a materialelor reciclabile este prea mică pentru a asigura azotul necesar recoltelor din zilele noastre.

Inventarul global de azot reactiv ne arată că şase sunt fluxurile care aduc acest element pe terenurile agricole ale planetei: depunerile atmosferice, apa de irigații, îngroparea prin arat a resturilor de recolte, împrăştierea gunoiului de grajd, azotul lăsat în sol de culturile leguminoase şi aplicarea de îngrăşăminte chimice.

Depunerile atmosferice – în principal prin apa de ploaie şi zăpada care conține nitrați dizolvați – şi resturile vegetale reciclate (paie şi lujeri de plante care nu sunt luate de pe câmp pentru hrana animalelor şi nici nu sunt arse pe loc) contribuie fiecare cam cu 20 de megatone de azot pe an. Gunoiul de grajd împrăştiat pe câmp, în principal de la vite, porci şi pui, conține aproape 30 de megatone; un total similar este introdus de culturile leguminoase (bălegarul verde al culturilor de acoperire a solului, precum şi culturile de soia, fasole, mazăre şi năut); iar apa de irigații aduce circa 5 megatone – rezultând un total de circa 105 megatone de azot pe an. Îngrăşămintele chimice contribuie cu 110 megatone de azot pe an sau ceva mai mult de jumătate din totalul de 210-220 megatone utilizate. Asta înseamnă că cel puțin jumătate din recoltele globale recente au fost produse datorită aplicării compuşilor sintetici ai azotului şi că fără ele ar fi imposibil să producem hrana necesară dietelor prevalente nici măcar pentru jumătate din cele aproape 8 miliarde de locuitori ai planetei. Deşi am putea să reducem dependența de amoniacul sintetic consumând mai puțină carne şi aruncând mai puțină mâncare, înlocuirea prin surse organice a inputului global de aproape 110 megatone de azot din compuşii sintetici s-ar putea realiza doar în teorie.

Multiple constrângeri limitează reciclarea bălegarului produs de animale în locuri închise.54 În gospodăriile tradiționale mixte, bălegarul de la un număr relativ redus de

vite, porci şi păsări era reciclat direct pe câmpurile învecinate. Producția de carne şi ouă în operațiile de hrănire centralizată a animalelor a redus această opțiune. Aceste întreprinderi generează cantități atât de mari de reziduuri, încât aplicarea lor pe câmpuri ar supraîncărca solurile cu nutrienți pe raza în care ar fi profitabil să fie împrăştiate; prezența metalelor grele şi a reziduurilor medicamentoase (de la aditivii din hrană) constituie altă problemă.55 Constrângeri similare se aplică utilizării extinse a sedimentelor din apele menajere (biosolide) din instalațiile moderne de tratare a reziduurilor umane. Patogenii din reziduuri trebuie distruşi prin fermentare şi prin sterilizare la temperaturi ridicate, dar astfel de tratamente nu omoară toate bacteriile rezistente la antibiotice şi nu elimină toate metalele grele.

Animalele care pasc în aer liber produc de trei ori mai mult bălegar decât mamiferele şi păsările crescute în spații închise. FAO estimează că acestea depun anual circa 90 de megatone sub formă de reziduuri – dar exploatarea acestei surse mari este nepractică.56 Accesibilitatea va limita orice încercare de colectare a urinei şi excrementelor manuale la o fracțiune din sutele de milioane de hectare de păşuni pe care aceste reziduuri sunt eliminate de vitele, oile şi caprele care pasc. Colectarea lor ar fi prohibitiv de scumpă, la fel ca transportarea lor la punctele de tratare şi apoi pe terenurile cultivate. Mai mult, pierderile de azot care survin pe parcurs ar reduce şi mai mult conținutul deja scăzut de azot al acestor reziduuri înainte ca nutrientul să poată ajunge pe terenuri.57·

O altă variantă ar fi să extindem cultivarea culturilor leguminoase pentru a produce 50 – 60 de megatone de azot pe an, în loc de numai 30 de megatone cât produc în prezent – dar numai la un cost de oportunitate considerabil.

Creşterea suprafeţelor plantate cu culturi de acoperire, cum sunt lucerna şi trifoiul, ar mări rezerva de azot, dar ar reduce în acelaşi timp posibilitatea de a folosi acelaşi teren pentru a produce două culturi într-un an, o opţiune vitală pentru populaţiile în continuă creştere ale ţărilor cu venituri reduse.58 Cultivarea mai multor plante leguminoase (fasole, linte, mazăre) ar reduce producţia totală de energie alimentară, pentru că productivitatea lor este mult mai mică decât cea a culturilor de cereale şi, evident, asta ar scădea numărul de oameni care ar putea fi hrăniţi de unitatea de teren cultivat.59 Mai mult, azotul lăsat în urmă de o cultură de soia – de regulă, 40 – 50 de kilograme de azot pe hectar – ar fi mai puţin decât cantitatea de îngrăşăminte azotoase aplicată pe terenurile agricole americane, care a ajuns acum la circa 75 kg N/ha pentru grâu şi la 150 kg N/ha pentru porumb.

Un alt dezavantaj evident al extinderii rotaţiei cu culturi leguminoase este faptul că, în regiunile cu climă mai rece, unde nu se poate creşte decât o singură recoltă pe an, cultivarea lucernei sau a trifoiului ar exclude plantarea anuală a unei culturi alimentare, în vreme ce în regiunile mai calde cu culturi duble s-ar reduce frecvenţa de recoltare a culturilor alimentare.60 Deşi această opţiune ar fi posibilă în ţările cu populaţii mici şi teren agricol din belşug, în mod inevitabil ar reduce capacitatea de producere a hranei în toate locurile în care se practică metoda culturilor anuale duble, inclusiv părţi mari ale Europei şi în Câmpia de Nord a Chinei, regiune care produce cam jumătate din cerealele Chinei.

Culturile duble se practică acum pe mai mult de o treime din terenul agricol al Chinei şi peste o treime din toată cantitatea de orez vine din culturile duble din sudul Chinei.61 Drept urmare, fără această cultivare intensivă

care necesită şi niveluri record de aplicare a azotului, Chinei i-ar fi imposibil să-şi hrănească cei peste 1,4 miliarde de locuitori. Chiar şi în agricultura chineză intensivă, celebră pentru ratele ridicate de reciclare organică şi pentru rotațiile complexe de culturi, fermierii din regiunile cele mai intensiv cultivate nu pot furniza mai mult de 120 – 150 kg N/ha, iar pentru asta este nevoie de aporturi în muncă fizică extraordinar de ridicate, dintre care, după cum s-a menționat deja, colectarea şi aplicarea gunoiului de grajd sunt cele mai cronofage operații.

Chiar şi aşa, astfel de ferme n-ar putea produce decât diete în măsură covârşitoare vegetariene pentru 10-11 oameni la hectar. Prin contrast, culturile duble cele mai productive ale Chinei se bazează pe aplicarea îngrăşămintelor azotoase sintetice în cantități medii de peste 400 kg N/ha şi pot produce suficient pentru a hrăni 20-22 de oameni ale căror diete conțin circa 40% proteină animală şi 60% proteină vegetală.62 Agricultura globală susținută numai de reciclarea laborioasă a reziduurilor organice şi de metoda mai răspândită a rotației culturilor poate fi de conceput doar pentru o populație totală de 3 miliarde de oameni care să consume diete bazate în mare măsură pe plante, dar nu pentru aproape 8 miliarde de oameni pe diete mixte. Să ne amintim că îngrăşămintele chimice furnizează acum de două ori mai mult azot față de toate resturile vegetale şi gunoiul de grajd reciclate (şi ținând cont de pierderile mai mari din aplicările organice, factorul efectiv de multiplicitate este de fapt apropiat de trei!)

Să ne descurc**ă**m cu mai pu**ţ**in – **şi** **fără**

Dar nimic din toate acestea nu înseamnă că nişte schimbări majore în dependenţa noastră de subvenţiie de combustibili fosili sunt imposibile. Cel mai evident, am putea reduce producţia agricolă şi animală – împreună cu subsidiile energetice aferente – dacă am irosi mai puţină mâncare. În multe ţări în curs de dezvoltare, depozitarea necorespunzătoare a recoltelor (care face cerealele şi tuberculii vulnerabili la rozătoare, insecte şi fungi) şi absenţa refrigerării (care accelerează alterarea produselor lactate, a peştelui şi a cărnii) duc la irosirea unei cantităţi mari de mâncare chiar înainte de a ajunge în pieţele de desfacere. Iar în ţările bogate, lanţurile alimentare sunt mai lungi şi ocaziile de irosire accidentală a hranei apar la fiecare pas.

Chiar şi aşa, pierderile alimentare riguros documentate la nivel global au fost excesiv de mari, în principal din cauza unei diferenţe de neconceput între producţie şi nevoile reale. Pentru adulţi, necesarul mediu zilnic pe cap de locuitor în rândul populaţiilor bogate şi în mare măsură sedentare este nu mai mare de 2 000 – 2 100 kilocalorii, mult sub rezerva reală de 3 200 – 4 000 kilocalorii.63 Potrivit FAO, lumea iroseşte aproape jumătate din toată producţia de rădăcinoase, fructe şi legume, cam o treime din peşte, 30% din cereale şi o cincime din oleaginoase, carne şi produse lactate – sau cel puţin o treime din toată producţia de hrană.64 Iar evaluările făcute de UK Waste and Resources Action Programme arată că resturile alimentare necomestibile din gospodărie (unde intră cojile de fructe şi legume şi oasele) reprezintă doar 30% din total, ceea ce înseamnă că 70% din mâncarea irosită este perfect comestibilă şi nu a fost consumată fie pentru că s-a alterat, fie din cauză că s-a servit o cantitate prea mare.65

Reducerea pierderilor alimentare ar putea părea mult mai uşor de făcut decât reformarea proceselor de producţie complexe, şi totuşi această sarcină uşoară a fost dificil de îndeplinit.

Eliminarea pierderilor care au loc pe parcursul lanţului lung şi complex de producţie-procesare-distribuţie-vânzare angro-vânzare cu amănuntul-consum (de pe câmpuri şi din hambare până la farfurii) este extrem de dificilă. Balanţele alimentare americane arată că, la nivelul întregii naţiuni, proporţia de mâncare irosită a rămas stabilă în ultimii 40 de ani, în pofida neîncetatelor apeluri la îmbunătăţirea situaţiei.66 O creştere şi mai pronunţată a irosirii hranei a însoţit îmbunătăţirea nutriţiei în China, după ce ţara a trecut de la o situaţie precară a rezervelor de hrană de până la începutul anilor 1980 la actualele rate pe cap de locuitor care acum sunt mai mari decât în Japonia.67·

Creşterea preţurilor alimentelor ar trebui să determine o scădere a pierderilor, dar aceasta nu este o soluţie de dorit în ţările în curs de dezvoltare – în care accesul la hrană pentru multe familii dezavantajate rămâne dificil şi unde o bună parte din veniturile familiei sunt cheltuite pe mâncare – în vreme ce în ţările bogate, unde mâncarea este relativ ieftină, aceasta ar necesita o creştere substanţială a preţurilor, o politică pe care nimeni nu este nerăbdător să o promoveze.

În societăţile bogate, o cale mai bună de a reduce dependenţa agriculturii de subsidiile în combustibili fosili este să se facă apel la adoptarea unor alternative sănătoase şi satisfăcătoare la dietele excesiv de bogate din zilele noastre – alegerile cele mai uşoare fiind un consum moderat de carne şi favorizarea cărnii care a fost produsă cu un impact mai mic asupra mediului. Încercarea de a impune

veganismul la nivel de mase este sortită eşecului. Consumul de carne este o componentă a moştenirii noastre evoluţioniste, aşa cum sunt creierul mare (care a evoluat parţial datorită consumului de carne), mersul biped şi limbajul simbolic.[69] Toţi strămoşii noştri hominieni au fost omnivori, aşa cum sunt ambele specii de cimpanzei (Pan troglodytes şi Panpaniscus), hominienii cu alcătuirea genetică cea mai apropiată de a noastră. Ei îşi suplimentează dieta vegetariană vânând (şi împărţind) maimuţe mici, porci sălbatici şi ţestoase de uscat.[70]

Exprimarea deplină a potenţialului dezvoltării umane la nivel de populaţie poate avea loc numai când alimentaţia din copilărie şi adolescenţă conţine cantităţi îndestulătoare de proteină animală, mai întâi în lapte şi apoi în alte produse lactate, ouă şi carne. Creşterea înălţimii corporale de după 1950 în Japonia, Coreea de Sud şi China, ca urmare a unui aport sporit de produse animale, sunt mărturii incontestabile ale acestei realităţi.[71] Reciproc, majoritatea oamenilor care devin vegetarieni sau vegani nu rămân aşa pentru tot restul vieţilor lor. Ideea că miliarde de oameni – din toată lumea, nu doar din oraşele prospere din Occident – vor înceta de bunăvoie să mai mănânce vreun produs de origine animală sau că guvernele ar avea suficientă susţinere ca să impună acest lucru curând este ridicolă.

Dar nimic din cele de mai sus nu înseamnă că nu am putea mânca mai puţină carne decât media înregistrată în ţările bogate în ultimele două generaţii.[72] Dacă este exprimată în termeni de greutate carcasă, disponibilul anual de carne din multe ţări cu venituri ridicate s-a apropiat în medie, ba chiar a depăşit 100 de kilograme pe cap de locuitor, în condiţiile în care cele mai bune sfaturi nutriţionale susţin că nu trebuie să consumăm într-un an mai multă carne decât

echivalentul masei corporale a unui adult pentru a obține o cantitate adecvată de proteine de calitate superioară.7·3

În vreme ce veganismul este o irosire de biomasă prețioasă (numai rumegătoarele – adică vitele, oile şi caprele – pot digera țesuturi vegetale celulozice, cum sunt paiele şi cocenii), nici consumul excesiv de carne nu şi-a dovedit beneficiile nutriționale. Cu siguranță că nu măreşte speranța de viață şi este o sursă de stres ecologic suplimentar. Consumul de carne în Japonia, țara cu cea mai mare longevitate din lume, a fost de curând mai jos de 30 de kilograme pe an; şi un fapt mult mai puțin apreciat este că rate de consum similar de scăzute au devenit foarte comune în Franța, care în mod tradițional este o țară cu un aport ridicat de carne. În 2013, aproape 40% dintre francezii adulți erau petits consommateurs, mâncând carne doar în cantități mici care cumulate ajungeau la mai puțin de 39 kilograme pe an, în vreme ce consumatorii mari de carne, cu o medie de circa 80 kg/an reprezentau mai puțin de 30% dintre francezii adulți.7·4

În mod evident, dacă toate țările dezvoltate ar urma aceste exemple, şi-ar putea reduce volumul recoltelor agricole, dat fiind că majoritatea cerealelor recoltate nu sunt destinate consumului direct, ci pentru hrana animalelor.7·5 Dar aceasta nu este o opțiune universală. În vreme ce consumul de carne din multe țări bogate a scăzut şi poate fi redus şi mai mult, el a crescut rapid în țările în curs de modernizare, cum sunt Brazilia şi Indonezia (unde începând din 1980 a crescut de peste două ori) şi China (unde a crescut de patru ori începând din 1980).7·6 Mai mult, există miliarde de oameni în Asia şi Africa, al căror consum de carne rămâne la un nivel minimal şi a căror sănătate ar avea de câştigat de pe urma unei diete cu aport sporit de carne.

Soluții suplimentare de reducere a dependenței de îngrăşămintele azotoase sintetice apar pe partea de producție: de exemplu, prin creşterea randamentului de absorbție a azotului de către plante. Dar, şi în acest caz, soluțiile respective sunt limitate. Între 1961 şi 1980, s-a înregistrat un declin substanțial al părții din azotul aplicat care a fost efectiv încorporată de recolte (de la 68% la 45%), apoi a venit o redresare în jurul valorii de 47%.7·7· Iar în China, cel mai mare consumator de îngrăşăminte azotoase din lume, doar o treime din azotul aplicat este folosit efectiv de orez; restul se pierde în atmosferă şi în pământ şi în apele curgătoare.7·8 Dat fiind că ne aşteptăm la o creştere cu cel puțin 2 miliarde de oameni a populației până în 2050 şi că un număr mai mult decât dublu de oameni din țările sărace din Asia şi Africa ar trebui să vadă nişte plusuri – cantitative şi calitative – în regimul lor alimentar, nu există nicio perspectivă pe termen scurt privind reducerea substanțială a dependenței globale de îngrăşămintele azotoase sintetice.

Există soluții evidente pentru funcționarea maşinilor agricole fără combustibili fosili. Irigarea decarbonizată poate deveni comună cu pompe acționate de electricitatea de origine solară sau eoliană în locul motoarelor cu combustie internă. Baterii cu o densitate internă ameliorată şi costuri mai mici ar face posibilă convertirea mai multor tractoare şi camioane la motoarele electrice.7·9 Iar în capitolul următor voi explica alternativele la sinteza amoniacului dominantă în acest moment, bazată pe gazul natural. Dar niciuna dintre aceste variante nu poate fie adoptată nici rapid, nici fără investiții suplimentare (şi adesea substanțiale).

În momentul de față, aceste progrese sunt foarte depărtate. Ele vor depinde de generarea ieftină a electricității regenerabile, susținută de o stocare adecvată la scară mare,

o combinație care mai are până va fi comercializată (iar o alternativă la acumularea pompată a hidroelectricității încă nu a fost inventată; pentru mai multe detalii, vezi capitolul 3). O soluție aproape perfectă ar fi să se dezvolte culturi de cereale sau oleaginoase cu capacități comune cu plantele leguminoase – adică, rădăcinile lor să găzduiască bacterii capabile să transforme azotul atmosferic inert în nitrați. Oamenii de ştiință din domeniul cultivării plantelor visează la asta de decenii, dar pentru viitorul apropiat nu s-a anunțat lansarea vreunei varietăți comerciale de grâu sau orez care să fixeze azotul.80 După cum este foarte puțin probabil ca toate țările bogate şi economiile țărilor în curs de modernizare să adopte voluntar reduceri pe scară mare a cantității şi varietății dietelor lor tipice sau că resursele (combustibil, îngrăşăminte şi maşini agricole) economisite de astfel de reduceri vor fi transferate în Africa pentru ameliorarea penuriei alimentare de pe acest continent.

În urmă cu o jumătate de secol, Howard Odum – în examinarea sa sistematică a energiei şi mediului înconjurător – a remarcat că societățile moderne „nu au înțeles energetica implicată şi diferitele mijloace prin care energiile care intră într-un sistem complex sunt reintroduse indirect ca subsidii în toate părțile rețelei... omul industrial nu mai consumă cartofi făcuți din energie solară, acum consumă cartofi făcuți parțial din petrol”.81

După cincizeci de ani, această dependență existențială rămâne insuficient apreciată – dar cititorii acestei cărți înțeleg acum că hrana noastră este parțial făcută nu doar din petrol, ci şi din cărbunele care a fost folosit la producerea cocsului necesar extragerii din minereu a fierului necesar pentru lucrările agricole ale câmpului, transport şi maşinile de procesare alimentară; din gazul natural care serveşte atât ca materie primă, cât şi drept

combustibil pentru sinteza îngrăşămintelor azotoase; şi din electricitatea generată prin arderea combustibililor fosili, care este indispensabilă pentru procesarea recoltelor, îngrijirea animalelor şi hrană, depozitarea şi prepararea nutrețului.

Producțiile mai mari ale agriculturii moderne nu sunt obținute cu o fracție din munca fizică ce era necesară cu doar durata unei vieți în urmă pentru că am îmbunătățit randamentul fotosintezei, ci pentru că am asigurat varietăți mai bune de culturi cu condiții mai bune pentru creşterea lor şi le-am furnizat nutrienți adecvați şi apă, reducând buruienile care concurează pentru aceleaşi inputuri şi prin protejarea lor împotriva dăunătorilor. În acelaşi timp, capturarea mult sporită de specii acvatice sălbatice a depins de creşterea amplorii şi intensității pescuitului, iar dezvoltarea acvaculturii nu ar fi putut avea loc fără asigurarea unor incinte indispensabile şi a unor furaje de calitate foarte bună.

Pentru toate aceste intervenții critice a fost nevoie de aporturi substanțiale – şi sporite – de combustibili fosili; şi chiar dacă am încerca să schimbăm sistemul alimentar global, cât mai rapid şi mai realist posibil, în deceniile care urmează vom continua să mâncăm combustibili fosili transformați, fie ei sub formă de pâine sau de peşte.

Capitolul 3

Să în**ţ**elegem lumea noastr**ă** material**ă**

Cei patru piloni ai civilizației

Acolo unde contează, ierarhizarea este imposibilă – sau, cel puțin, nerecomandabilă. Inima nu este mai importantă decât creierul; vitamina C este la fel de indispensabilă pentru sănătatea oamenilor ca şi vitamina D. Hrana şi energia, cele două necesități existențiale tratate în capitolele precedente, ar fi imposibile fără mobilizarea la scară largă a multor materiale făcute de mâna omului – metale, aliaje, compuşi nemetalici şi sintetici – şi la fel putem spune despre toate clădirile şi infrastructurile şi despre toate modurile de transport şi comunicații. Desigur, nu am şti acest lucru dacă ar fi să judecăm importanța acestor materiale după atenția pe care o primesc (sau mai degrabă nu o primesc), nu numai din partea „ştirilor" din mass media, ci şi din analizele şi prognozele economice privind evoluții notabile, care ar trebui să fie mult mai elevate.

Toate aceste relatări se ocupă în mod covârşitor de fenomene imateriale şi intangibile, cum ar fi creşterea procentuală anuală a PIB-ului (cum se mai extaziau economiştii occidentali de ratele din două cifre ale Chinei!), creşterea raporturilor datoriei naționale (neimportante în lumea Teoriei Monetare Moderne, în care rezerva de bani este văzută ca fiind nelimitată), sumele record vărsate în noile oferte publice inițiale (pentru invenții esențiale în plan existențial, cum ar fi aplicațiile pentru jocuri), beneficiile unei conectivități mobile fără precedent (rețelele 5G sunt aşteptate cam cum e aşteptată a doua venire a lui Iisus) sau promisiunile potrivit cărora inteligența artificială ne va transforma iminent viețile (pandemia a fost o excelentă demonstrație a lipsei de conținut a unor astfel de afirmații).

Să începem cu ceea ce este mai important. Am fi putut să avem o civilizație cu o prosperitate decentă, care să asigure hrană din belşug, confort material şi acces la educație şi îngrijire medicală fără semiconductori, microcipuri sau calculatoare personale. Am avut una până la, respectiv, mijlocul anilor 1950 (primele aplicații comerciale ale tranzistorilor), începutul anilor 1970 (primele microprocesoare Intel) şi începutul anilor 1980 (pentru prima oară, calculatoarele personale erau deținute la scară mare).1 Şi am reuşit, până în anii 1990, să integrăm economiile, să mobilizăm investițiile necesare, să construim infrastructurile indispensabile şi să conectăm lumea cu avioanele de pasageri de mare capacitate, fără telefoane inteligente, social media şi aplicații puerile. Dar niciunul dintre aceste progrese în electronică şi telecomunicații nu ar fi putut avea loc fără a se asigura rezervele de energie şi materiale necesare pentru transpunerea în realitate a invențiilor din miriadele de componente, dispozitive, ansambluri şi sisteme consumatoare de electricitate, de la microprocesoarele minuscule la uriaşele centre de date.

Siliciul (Si) sub formă de plachete subțiri (substratul de bază al microcipurilor) este materialul distinctiv al epocii electronice, dar miliarde de oameni ar putea să trăiască în prosperitate fără el; nu este o limitare existențială a civilizației moderne. Producerea cristalelor mari de siliciu, de puritate ridicată (99,999999999%) care să fie tăiate în plachete este un proces complex, cu etape multiple şi energointensiv: exprimat în energie primară, costă cu două ordine de mărime mai mult decât producerea aluminiului din bauxită şi cu trei ordine de mărime mai mult decât topirea minereului de fier şi producerea oțelului.2 Dar materia primă este supraabundentă (şi ocupă locul al doilea în ierarhia celor mai răspândite elemente din scoarța

terestră – aproape 28%, față de 49% pentru oxigen), iar producția anuală de siliciu de grad electronic este foarte mică în comparație cu alte materiale indispensabile: recent, de ordinul a 10 000 de tone de plachete.3

Desigur, consumul anual dintr-un material nu este cel mai bun indicator al indispensabilității sale, dar în acest caz verdictul este clar: oricât de utile şi de transformatoare ar fi progresele electronice de după 1950, ele nu constituie fundamente materiale indispensabile ale civilizației moderne. Şi cu toate că nu poate exista o ierarhizare indiscutabilă a nevoilor noastre materiale pe baza afirmațiilor privind importanța lor, pot să ofer un clasament justificabil care ține cont de indispensabilitatea, de ubicuitatea şi de cât de mare e cererea pentru ele. Pe această scară combinată, patru materiale se află în frunte şi formează ceea ce am numit cei patru piloni ai civilizației moderne: cimentul, oțelul, plasticul şi amoniacul.4

Din punct de vedere fizic şi chimic, aceste patru materiale se disting printr-o enormă varietate de proprietăți şi funcții. Dar, în pofida acestor diferențe de atribute şi utilizări specifice, ele au în comun nu doar faptul că sunt indispensabile pentru funcționarea societăților moderne. Sunt necesare în cantități mai mari (şi în continuă creştere) decât celelalte inputuri esențiale. În 2019, lumea consuma circa 4,5 miliarde de tone de ciment, 1,8 miliarde de tone de oțel, 370 milioane tone de plastic şi 150 milioane de tone de amoniac, iar toate acestea nu pot fi înlocuite uşor de alte materiale – cu siguranță nu în viitorul apropiat şi nu la o scară globală.5

Aşa cum am menționat în capitolul 2, numai o reciclare completă a tuturor reziduurilor eliminate de animalele de păşune ar putea, laolaltă cu o reciclare aproape perfectă a

tuturor celorlalte surse de azot organic, să asigure cantitatea de azot aplicată anual culturilor sub formă de îngrăşăminte pe bază de amoniac. În acelaşi timp, nu există alte materiale care să rivalizeze cu combinația de maleabilitate, durabilitate şi greutate redusă oferită de multe tipuri de materiale plastice. Similar, chiar dacă am reuşi să producem mase identice de cherestea pentru construcții sau de piatră de carieră, acestea n-ar putea egala rezistența, versatilitatea şi durabilitatea betonului armat. Am putea să construim piramide şi catedrale, dar nu segmentele lungi şi elegante ale podurilor arcuite, baraje gigantice de hidrocentrale, autostrăzi cu benzi multiple sau piste de aterizare lungi. Iar oțelul a devenit atât de răspândit, încât utilizarea lui absolut necesară ne determină capacitatea de a extrage energie, de a produce hrană şi de a adăposti populațiile, precum şi de a asigura amploarea şi calitatea tuturor infrastructurilor esențiale. Niciun metal nu ar putea să-l înlocuiască, nici pe departe.

Un alt aspect comun esențial al acestor patru materiale este evident atunci când contemplăm viitorul fără carbonul fosil: producția de masă a tuturor acestor materiale se bazează masiv pe arderea combustibililor fosili, iar unii dintre aceşti combustibil sunt şi materie primă pentru sinteza amoniacului şi pentru producerea materialelor plastice.6 Topirea minereului de fier în furnale necesită cocsul care se obține din cărbune (şi din gaz natural); energia pentru producerea cimentului provine mai ales din praful de cărbune, cocsul petrolier şi păcură. Vasta majoritate a moleculelor simple care sunt legate în lanțuri sau ramuri lungi pentru producerea materialelor plastice sunt derivate din țiței şi gaze naturale. Iar în sinteza modernă a amoniacului, gazul natural este atât sursă de hidrogen, cât şi energie pentru procesare.

Ca urmare, producția globală a acestor patru materiale indispensabile consumă circa 17% din rezervele de energie primară ale lumii şi sunt responsabile pentru 25% din toate emisiile de CO2 care îşi au originea în arderea combustibililor fosili. În prezent, nu există alternative la scară largă, disponibile comercial şi gata de a fi introduse în circuit, care să înlocuiască aceste procese bine statornicite.7· Deşi nu puține sunt propunerile şi tehnicile experimentale de producere a acestor materiale fără recurgerea la carbonul fosil – de la noi catalize pentru sinteza amoniacului la producerea oțelului folosind hidrogenul drept combustibil – niciuna dintre aceste alternative nu a fost comercializată şi chiar dacă ar fi să se pună în practică aplicarea agresivă a variantelor non-carbon, este evident că ar dura decenii înlocuirea capacităților existente care produc, la prețuri convenabile, cantități anuale de sute de milioane până la miliarde de tone.8

Pentru a aprecia cu adevărat importanța acestor materiale, le voi explica proprietățile şi funcțiile de bază, voi descrie pe scurt istoricele progreselor tehnice şi invențiilor epocale care le-au făcut disponibile din abundență şi convenabile ca preț, şi voi descrie enorma varietate a utilizărilor lor moderne. Voi începe cu amoniacul – pentru că este indispensabil în asigurarea hranei pentru o parte tot mai mare din populația globului – şi voi continua, în ordinea producției anuale globale, cu materialele plastice, oțelul şi cimentul.

Amoniacul: gazul care hrăneşte planeta

Dintre cele patru substanțe (şi în pofida faptului că îmi displac ierarhizările!), amoniacul este cel care merită poziția de frunte, ca fiind materialul nostru cel mai important. Aşa cum am explicat în capitolul precedent, fără utilizarea lui ca principal îngrăşământ azotos (direct sau ca materie primă pentru sinteza altor compuşi azotoşi), ar fi imposibil să se asigure hrana pentru măcar 40 – 50% din cele 8 miliarde de oameni din zilele noastre. Reformulat mai simplu: în 2020, aproape 4 miliarde de oameni nu ar fi în viață fără amoniacul sintetic. Nu există limitări existențiale comparabile aplicabile materialelor plastice sau oțelului, şi nici cimentului care intră în compoziția betonului (şi, după cum s-a menționat deja, nici siliciului).

Amoniacul este un compus anorganic simplu, alcătuit din un atom de azot şi trei de hidrogen (NH3), ceea ce înseamnă că azotul constituie 82% din masa lui.9 La presiune atmosferică, este un gaz invizibil cu un miros înțepător caracteristic de toaletă cu apa netrasă sau de gunoi de grajd în descompunere. Inhalat în concentrații scăzute provoacă dureri de cap, greață şi vomă; concentrațiile mai mari irită ochii, nasul, gura, gâtul şi plămânii; iar inhalarea unor concentrații foarte mari poate fi instantaneu fatală. Prin contrast, amoniul (NH4+, ionul de amoniu), format prin dizolvarea amoniacului în apă, este netoxic şi nu penetrează uşor membranele celulare.

Sintetizarea acestei molecule simple a fost surprinzător de dificilă. Istoria invențiilor include cazuri celebre de descoperiri accidentale; în acest capitol despre materiale, povestea Teflonului ar putea fi exemplul cel mai oportun. În 1938, Roy Plunkett, chimist la DuPont, şi asistentul său Jack Rebok, au transcris formula tetrafluoroetilenului ca un nou compus refrigerent. După ce l-au depozitat în cilindri refrigerați, ei au constatat că acest compus a suferit o

polimerizare neaşteptată, transformându-se în politetrafluoroetilen, o pudră albă, ceroasă, alunecoasă. După cel de-al Doilea Război Mondial, teflonul a devenit unul dintre cele mai cunoscute materiale sintetice şi probabil singurul care a pătruns în jargonul politic (avem preşedinţi de teflon[5], dar se pare că niciun preşedinte de bachelită – deşi a existat o Doamnă de Fier).10

Sinteza amoniacului din elementele componente aparţine clasei opuse de descoperiri – cele în care un obiectiv clar definit a fost urmărit de unii dintre cei mai bine calificaţi oameni de ştiinţă şi în cele din urmă a fost atins de un cercetător perseverent. Nevoia de această descoperire era evidentă. Între 1850 şi 1900, populaţia totală a ţărilor industrializate din Europa şi America de Nord a crescut de la 300 la 500 de milioane, iar urbanizarea rapidă a contribuit la tranziţia alimentară de la o dietă inadecvată dominată de cereale la aporturi mai mari de energie obţinută din alimente, conţinând mai multe produse animale şi zahăr.11 Productivitatea a rămas constantă, dar schimbarea alimentară a fost susţinută de o expansiune fără precedent a suprafeţei agricole. Astfel, între 1850 şi 1900, circa 200 milioane de hectare din păşunile nord-şi sud-americane, ruseşti şi australiene au fost transformate în terenuri menite cultivării cerealelor.12

Ştiinţa agronomică în curs de maturizare a afirmat răspicat că singura cale de a asigura hrană adecvată populaţiilor mai mari ale secolului XX era să se crească productivitatea prin mărirea proviziilor de azot şi fosfor, doi macronutrienţi cheie

---

[5] Termen inventat pentru a defini un preşedinte care, aparent, are abilitatea magică de a evita vinovăţia – nimic nedorit nu pare a se lipi de el. Prima oară a fost folosit la adresa preşedintelui Ronald Reagan. (N.t.)

ai plantelor. Extracția fosfaților (mai întâi în Carolina de Nord şi apoi în Florida) şi tratarea lor cu acizi a deschis calea spre o aprovizionare constantă cu îngrăşăminte fosfatice.13 Dar nu exista nicio sursă de azot comparabil de sigură. Exploatarea de guano (excrementele acumulate ale păsărilor, cu un conținut moderat de azot) de pe insulele tropicale secetoase a epuizat rapid cele mai bogate depuneri, iar creşterea importurilor de nitrați din Chile (țara are straturi extinse de nitrat de sodiu în regiunile sale aride din nord) era insuficientă pentru a satisface viitoarea cerere globală.14

Provocarea era să se asigure că omenirea putea să procure suficient azot pentru a susține populația în expansiune. Nevoia a fost explicată în 1898 în maniera cea mai clară posibil de William Crookes, chimist şi fizician, Asociației Britanice pentru Progresul Ştiinței, în discursul său prezidențial dedicat aşa-numitei probleme a grâului. El a avertizat că „toate națiunile civilizate se confruntă cu pericolul mortal de a nu avea suficientă mâncare”, dar în acelaşi timp vedea o cale de ieşire: ştiința să aducă salvarea prin valorificarea masei practic nelimitate de azot din atmosferă (unde e prezent ca moleculă nereactivă N2) şi transformarea sa în compuşi asimilabili de plante. El a conchis corect că această provocare „diferă material de celelalte descoperiri chimice, care sunt în aer, ca să spun aşa, dar încă nu s-au maturizat. Fixarea azotului este vitală pentru progresul civilizației. Alte descoperiri contribuie la creşterea confortului nostru intelectual, a luxului sau a comodității; ne fac viața mai uşoară, accelerează atingerea bunăstării sau ne ajută să economisim timp, să ne păstrăm sănătatea sau să scăpăm de griji. Fixarea azotului este o chestiune ce ține de un viitor nu foarte îndepărtat”.15

Viziunea lui Crookes s-a materializat la numai 10 ani după discursul său. Mulți chimişti foarte bine pregătiți au încercat să obțină sinteza amoniacului din elementele sale, azot şi hidrogen (printre ei numărându-se şi Wilhelm Ostwald, care a primit Premiul Nobel pentru Chimie în 1909). Însă în 1908, Fritz Haber – la acea dată profesor de chimie fizică şi electrochimie la Technische Hochschule din Karlsruhe – în colaborare cu asistentul său englez, Robert Le Rossignol, şi susținuți de BASF, cea mai importantă întreprindere chimică a Germaniei (şi a lumii), a fost primul care a reuşit.16 Soluția lui s-a bazat pe utilizarea unui catalizator (compus care creşte viteza reacției chimice fără să-i modifice compoziția) pe bază de fier şi pe asigurarea unei presiuni fără precedent a reacției.

Nu a fost uşor să se mărească succesul experimental al lui Haber la nivelul de întreprindere comercială. Sub conducerea lui Carl Bosch, expert în inginerie chimică, precum şi metalurgică, care se angajase la BASF în 1899, succesul a fost realizat în doar patru ani. Prima fabrică de sinteză a amoniacului din lume a început să funcționeze la Oppau în septembrie 1913, iar denumirea de „proces Haber-Bosch" a rezistat de atunci.17·

În decurs de un an, amoniacul produs de fabrica de la Oppau a fost reorientat spre obținerea de nitrat necesar producției de explozibili pentru armata germană. O fabrică nouă, mult mai mare, de amoniac a fost definitivată în 1917 în Leuna, dar asta nu a reuşit să prevină înfrângerea Germaniei. Expansiunea postbelică a sintezei amoniacului a continuat în pofida crizei economice din anii 1930 şi mai departe în timpul celui de-al Doilea Război Mondial, dar în 1950 amoniacul era în continuare mai puțin răspândit decât gunoiul de grajd.18

Următoarele două decenii au cunoscut o creştere de opt ori a producției de amoniac, la puțin peste 30 de milioane de tone pe an, iar îngrăşământul sintetic a înlesnit Revoluția Verde (începută în anii 1960) – adoptarea unor noi varietăți superioare de grâu şi orez care, dacă li se asigurau cantități adecvate de azot, produceau recolte fără precedent. Inovațiile-cheie din spatele acestei creşteri au fost utilizarea gazului natural ca sursă de hidrogen şi introducerea unor compresoare centrifugale eficiente şi a unor catalizatori mai buni.19

Apoi, ca în atâtea alte situații ale dezvoltării industriale moderne, China post-maoistă a preluat conducerea. Mao a fost responsabil pentru cea mai mortală foamete din istorie (1958 – 1961), iar la moartea lui în 1976 rezerva de hrană a țării pe cap de locuitor era doar cu puțin mai mare decât în 1949, când proclamase existența statului comunist.20 Primul contract comercial al Chinei de după vizita preşedintelui Nixon la Beijing în 1972 a fost o comandă pentru 13 dintre cele mai avansate fabrici de amoniac-uree din lume, de la producătorul M.W. Kellogg din Texas.21 Până în 1984, a fost abolită raționalizarea alimentelor în oraşe, iar în anul 2000 rezerva de hrană medie pe cap de locuitor a Chinei o depăşea pe cea a Japoniei.22 Singura cale de realizare a acestui lucru a fost prin depăşirea barierei de azot a țării şi creşterea producției anuale de cereale la peste 650 de milioane de tone.

Cea mai bună descriere a fluxurilor de azot în agricultura Chinei arată că aproximativ 60% din nutrienții disponibili pentru culturile agricole ale țării provin din amoniacul sintetic. Astfel, hrănirea a trei din cinci membri ai populației chineze depinde de sinteza acestui compus.23 Media globală corespunzătoare este de circa 50%. Această dependență justifică uşor de ce sinteza Haber-Bosch a amoniacului este

considerată probabil cea mai importantă invenție tehnică din istorie. Alte invenții, după cum corect a apreciat William Crookes, contribuie la creşterea confortului nostru, a comodității, a bogăției, a luxului sau productivității sau ne salvează viețile de o moarte prematură sau de boli cronice – dar fără sinteza amoniacului nu am putea asigura însăşi supraviețuirea unei părți considerabile din populația de astăzi şi de mâine a planetei.24

Mă grăbesc să adaug că cele 50 de procente de omenire dependente de amoniac nu sunt o aproximare inflexibilă. Date fiind regimurile alimentare şi practicile agricole prevalente, azotul sintetic hrăneşte jumătate din omenire – sau, păstrând toți ceilalți factori egali, jumătate din populația globului nu ar putea fi susținută fără îngrăşămintele azotoase sintetice. Dar această parte ar fi mai mică dacă lumea bogată ar adopta o dietă indiană, în mare parte lipsită de carne, şi ar fi mai mare dacă întreaga planetă ar mânca aşa cum mănâncă astăzi chinezii, ca să nu mai vorbim de adoptarea universală a dietei americane.25 Am putea de asemenea să ne reducem dependența de îngrăşăminte azotoase reducând pierderile alimentare (aşa cum am văzut mai sus) şi prin utilizarea mai eficientă a îngrăşămintelor.

Cam 80% din producția globală de amoniac este folosită pentru fertilizarea culturilor; restul se foloseşte pentru producerea acidului azotic, explozibililor, carburanților pentru rachete, vopselelor, fibrelor şi detergenților pentru ferestre şi podele.26 Cu precauții adecvate şi echipamente speciale, amoniacul poate fi aplicat direct pe câmp;27· dar compusul este folosit în principal ca materie primă indispensabilă în producerea îngrăşămintelor azotoase solide şi lichide. Ureea, îngrăşământul solid cu cel mai mare conținut de azot (46%), domină.28 De curând, constituie

circa 55% din tot azotul aplicat pe terenurile agricole din lume şi este pe larg folosită în Asia pentru susţinerea recoltelor de orez şi de grâu din China şi India – ţările cu populaţiile cele mai numeroase de pe planetă – şi pentru a garanta obţinerea unor producţii satisfăcătoare în alte cinci ţări asiatice cu populaţii de peste 100 de milioane de locuitori.29

Printre îngrăşămintele azotoase mai puţin importante se numără azotatul de amoniu, sulfatul de amoniu şi azotatul de calciu şi amoniu, precum şi diferite soluţii lichide. După aplicarea pe câmp a îngrăşămintelor azotoase, este aproape imposibil să se controleze pierderile naturale cauzate de volatilizare (la compuşii amoniacului), levigare (nitraţii sunt uşor solubili în apă) şi denitrificare (convertirea nitraţilor, sub acţiunea bacteriilor, înapoi în molecule de azot în aer).30

În momentul de faţă, există doar două soluţii directe eficiente pentru pierderile de azot de pe câmp. Prima ar fi împrăştierea unor compuşi scumpi, cu eliberare lentă; a doua, mai practică, ar consta în trecerea la agricultura de precizie care ar presupune aplicarea de îngrăşăminte numai când este necesar, în baza analizelor de sol.31 Aşa cum s-a menţionat deja, măsurile indirecte – printre care creşterea preţului la alimente şi un consum redus de carne – ar putea fi eficiente, dar nu foarte populare. Ca urmare, este improbabil ca vreo combinaţie imaginabilă şi realistă a acestor soluţii să aducă o schimbare radicală a consumului global de îngrăşăminte pe bază de azot. În prezent, circa 150 de megatone de amoniac sunt sintetizate anual, dintre care 80% sunt folosite pentru fertilizarea solului. Aproape 60% din aceste îngrăşăminte sunt aplicate în Asia, cam un sfert în Europa şi America de Nord şi sub 5% în Africa.32 Cu siguranţă, majoritatea ţărilor bogate ar putea, şi ar trebui,

să reducă ratele mari de aplicare ale acestor substanțe (rezerva lor de hrană pe cap de locuitor este deja prea mare), iar China şi India – doi utilizatori mari – au la îndemână multe soluții pentru a-şi reduce consumul excesiv de fertilizatori.

Însă Africa, deşi este continentul cu creşterea demografică cea mai rapidă, rămâne privată de acest nutrient şi este un importator substanțial de alimente. Orice speranță privind o mai mare independență alimentară a acestui continent se bazează pe o utilizare sporită a azotului. La urma urmelor, consumul de amoniac din ultima perioadă în Africa a însemnat mai puțin de o treime din media europeană.33 Cea mai bună (şi mai îndelung dorită) soluție pentru a creşte aportul de azot ar fi să înzestrăm plantele ne-leguminoase cu capacități de fixare a azotului, o promisiune pe care ingineria genetică n-a onorat-o încă, în vreme ce o variantă mai puțin radicală – inocularea semințelor cu bacterii fixatoare de azot – este o inovație recentă, a cărei răspândire comercială finală rămâne neclară.

Materialele plastice: diverse, utile, problematice

Materialele plastice sunt un grup mare de materiale organice sintetice (sau semisintetice) a căror calitate comună este că se pretează la formare (modelare). Sinteza materialelor plastice începe cu monomerii, molecule simple care pot fi unite în lanțuri sau ramuri lungi pentru a alcătui polimerii. Cei doi monomeri esențiali, etilena şi propilena, sunt produşi prin cracarea cu aburi (încălzire până la 750 – 950°C) a hidrocarburilor folosite ca materie primă, iar

hidrocarburile au de asemenea rolul de a energiza şi sintezele ulterioare.34 Maleabilitatea materialelor plastice permite formarea acestora prin turnare, presare sau extrudare, obținându-se astfel de la filme subțiri la conducte rezistente de mari dimensiuni şi de la sticle uşoare până la containere masive şi solide pentru reziduuri.

Producția globală a fost dominată de termoplastice – polimeri care se înmoaie uşor prin încălzire şi se întăresc din nou când sunt răciți. Polietilena (PE) de densitate mică şi mare reprezintă acum peste 20% din polimerii plastici ai lumii, polipropilena (PP) cam 15%, iar clorura de polivinil (PVC), peste 10%.35 În schimb, plasticele termorigide (inclusiv poliuretanul, poliimida, melamina şi ureea-formaldehidă) nu se înmoaie când sunt încălzite.

Unele materiale termoplastice combină greutatea specifică redusă (sunt uşoare) cu o duritate destul de mare (au durabilitate). Duraluminiul cântăreşte doar o treime din greutatea oțelului carbon, dar densitatea PVC-ului este sub 20% şi a PP-ului sub 12% față de oțel; şi în vreme ce rezistența maximă la tracțiune a oțelului pentru construcții este de 400 megapascali, cea a polistirenului este, la 100 megapascali, dublă față de cea a lemnului sau sticlei şi doar cu 10% mai mică decât cea a aluminiului.36

Această combinație între greutatea redusă şi rezistența mare a făcut din termoplastice alegerea preferată pentru aplicații cum ar fi conductele şi flanşele de mare capacitate, suprafețele antiderapante şi bazinele pentru substanțe chimice. Polimerii termoplastici şi-au găsit utilizări de mare amploare în interiorul şi exteriorul maşinilor (bare de protecție din PP, panourile de bord şi diferite alte piese din PVC, lentilele pentru faruri din policarbonat); termoplasticele uşoare sau ignifuge (policarbonat,

amestecurile PVC/acrilic) domină interioarele aeronavelor moderne; iar plasticele armate cu fibre de carbon (materiale compozite) sunt folosite în prezent pentru construirea structurilor mecanice ale aeronavelor.37·

Primele materiale plastice, îndeosebi celuloidul obținut din azotat de celuloză şi camfor (ulterior, extrem de inflamabilul material de bază al industriei cinematografice, înlocuit abia în anii 1950), au fost produse în cantități mici în ultimele trei decenii ale secolului XIX, dar primul material termorigid (turnat la 150 – 160°C) a fost preparat în 1907 de Teo Hendrik Baekeland, un chimist belgian care lucra în New York.38 Firma pe care a înființat-o în 1910, General Bakelite Company, a fost primul producător industrial al unui material plastic care se turna într-o gamă de piese ce cuprindea de la izolatoare electrice la discurile rotative negre ale telefoanelor şi, în timpul celui de-al Doilea Război Mondial, era folosit pentru componentele unor arme uşoare. Între timp, în 1908, Jacques Brandenberger inventa celofanul.

În perioada interbelică s-a realizat prima sinteză pe scară mare a PVC-ului, care fusese descoperit încă din 1838, dar nu fusese folosit niciodată în afara unui laborator, iar DuPont din SUA, Imperial Chemical Industries (ICI) din Marea Britanie şi IG Farben din Germania au finanțat (cu mare succes) cercetările dedicate descoperirii unor noi materiale plastice.39 Înaintea celui de-al Doilea Război Mondial, cercetările au avut ca rezultat producerea comercială a acetatului de celuloză (folosit acum în textilele absorbante şi în şervețelele pentru curățare), neoprenul (cauciuc sintetic), poliesterul (pentru țesături şi tapițerii), polimetil metacrilat (cunoscut sub denumirea de plexiglas, sau PMMA, care acum este folosit în cantități şi mai mari, ca urmare a dispozitivelor de protecție impuse de pandemia de

COVID). Nailonul a fost produs începând cu 1938 (perii periuțelor de dinți şi colanții de damă au fost primele produse comerciale; acum se produc din nailon de la plase de pescuit la paraşute) şi – după cum s-a menționat deja – la fel şi teflonul, un material antiaderent omniprezent. Producția convenabilă ca preț a stirenului a început şi ea în anii 1930, iar acum materialul este folosit mai ales ca polistiren (PS) în materialele de ambalat şi în ceştile şi farfuriile de unică folosință.

IG Farben a introdus poliuretanul în 1937 (spumă poliuretanică pentru saltele, material izolator); ICI a folosit presiunea foarte înaltă pentru sintetizarea polietilenei (folosită în ambalare şi izolare) şi a început să producă metacrilatul de metil (pentru adezivi, acoperiri şi vopsele) în 1933. Tereftalatul de polietilenă (PET) – începând din anii 1970 o calamitate pentru planetă sub forma sticlelor pentru băuturi aruncate – a fost patentat în 1941 şi produs în masă de la începutul anilor 1950 (infernala sticlă din PET a fost patentată în 1973).40 Printre cele mai cunoscute adăugiri la această listă de după al Doilea Război Mondial se numără policarbonații (pentru lentile optice, ferestre, coperte rigide), poliimidele (pentru tubulatura medicală), polimerii de cristale lichide (în special pentru dispozitivele electronice) şi mărci comerciale celebre ale concernului DuPont, cum ar fi Tyvek ® (1955), Lycra ® (1959) şi Kevlar ® (1971).41 La finele secolului XX, 50 de tipuri diferite de materiale plastice se găseau pe piața globală, iar această nouă diversitate – alături de creşterea cererii pentru compuşii cei mai folosiți (PE, PP, PVC şi PET) – au condus la o creştere exponențială a cererii.

Producția globală a crescut de la numai circa 20 000 tone în 1925 la 2 milioane de tone până în 1950, 150 milioane de tone în anul 2000 şi aproximativ 370 milioane de tone în

2019.42 Cel mai bun mod de a aprecia ubicuitatea materialelor plastice în viața noastră de zi cu zi este să observăm de câte ori pe zi mâinile noastre ating, ochii noştri văd, corpurile noastre se sprijină şi picioarele noastre calcă pe plastic. Frecvența unor astfel de mici evenimente s-ar putea să vă uluiască! În timp ce tastez acest text: tastele laptopului meu şi un mouse wireless aflat sub palma mâinii drepte sunt făcute din acrilonitril-butadien-stiren, stau pe un fotoliu rotativ cu tapițerie din poliester, iar rotilele sale din nailon stau pe o carpetă de protecție din policarbonat care acoperă un covor din poliester.

O industrie care a început cu furnizarea de mici componente industriale (prima aplicație a fost un mâner pentru schimbătorul de viteză la un Rolls-Royce în 1916) şi diferite articole de uz casnic a extins enorm acele două nişe comerciale inițiale (îndeosebi cu produsele electronice de larg consum, care au adăugat în fiecare an miliarde de noi componente dependente de plastic) şi a adăugat aplicații la scară mare de la carcase de automobile la interioare complete de aeronave şi conducte cu diametre mari.

Dar materialele plastice şi-au găsit roluri indispensabile în domeniul sănătății în general şi în tratarea în spital a bolilor infecțioase în particular. Viața modernă începe acum (în saloanele de maternitate) şi sfârşeşte (în unitățile de terapie intensivă) înconjurată de obiecte din plastic.43 Iar pandemia COVID-19 a dat o lecție celor care nu au înțeles rolul plasticului în îngrijirea sănătății din epoca modernă. Pandemia ne-a învățat asta în moduri adesea drastice, când doctorii şi asistentele din America de Nord şi Europa au rămas fără echipamente de protecție personală (EPP) – mănuşi, măşti, apărători, bonete, halate şi botine de unică folosință – şi când guvernele se întreceau să ofere prețuri mai mari pentru a aduce pe calea aerului cantități limitate

(şi mult scumpite) de materiale din China, unde producătorii occidentali de EPP, obsedați de reducerea prețurilor, relocaseră majoritatea liniilor lor de producție, creând deficite de aprovizionare periculoase şi care puteau fi totuşi evitate.44

Obiectele de plastic din spitale sunt făcute mai ales din diferite tipuri de PVC: tuburi flexibile (folosite pentru hrănirea pacienților, furnizarea oxigenului şi monitorizarea tensiunii arteriale), catetere, containere intravenoase, pungi pentru sânge, ambalaje sterile, diferite tăvi şi recipiente, ploşti şi rame pentru paturi, pături termice şi nenumărate ustensile de laborator. PVC-ul este acum componentul principal în peste un sfert din produsele de îngrijire a sănătății, iar în locuințele moderne este prezent în membranele din ziduri şi acoperişuri, ramele ferestrelor, storuri, furtunuri, izolații de cabluri, componente electronice, un sortiment tot mai mare de rechizite de birou şi jucării – şi în cărțile de credit folosite pentru cumpărarea tuturor celor de mai sus.45

În anii din urmă s-au făcut auzite îngrijorări crescânde cu privire la poluarea cu plastic a pământului şi, într-o măsură chiar mai mare, a oceanelor, apelor de coastă şi a plajelor. Voi reveni la acest aspect în capitolul dedicat mediului înconjurător, dar acest mod iresponsabil de aruncare a plasticului nu constituie un argument împotriva folosirii corespunzătoare a acestor materiale sintetice diverse şi de multe ori cu adevărat indispensabile. Mai mult, în ceea ce priveşte microfibrele, este greşit să se presupună, aşa cum fac mulți, că cea mai mare parte a prezenței lor în apele oceanice derivă din uzura textilelor sintetice. Acei polimeri reprezintă acum două treimi din producția mondială de fibre, dar un studiu al apelor marine a arătat că fibrele oceanice sunt în principal (>90%) de origine naturală.46

Oţelul: omniprezent **ş**i reciclabil

Oțelurile (pluralul descrie mai exact faptul că există peste 3 500 de varietăți) sunt aliaje având drept componentă principală fierul (Fe).47· Fonta, metalul fierbinte produs de furnale, are de obicei 95 – 97% fier, 1,8 – 4% carbon şi 0,5 – 3% siliciu, cu urme din alte câteva elemente.48 Este fragil, din cauza conținutului ridicat de carbon, are o ductilitate redusă (capacitatea de a fi întins), iar rezistența la tracțiune (rezistența la rupere sub tensiune mecanică) este inferioară bronzului sau alamei. Oțelul preindustrial era obținut în Asia şi Europa printr-o varietate de metode artizanale – mereu laborioase şi costisitoare – şi din acest motiv n-a fost niciodată disponibil utilizării pe scară largă.49

Oțelurile moderne sunt obținute din fontă, prin reducerea conținutului ridicat de carbon la 0,08 – 2,1% (procentaje de greutate). Proprietățile fizice ale oțelului le întrec cu uşurință pe cele ale celor mai dure pietre, precum şi pe cele ale celorlalte două metale foarte comune. Granitul are o rezistență la compresiune (capacitatea de a suporta sarcini care comprimă materialul) similară, dar rezistența sa la tracțiune este cu un ordin de mărime mai joasă. Coloanele de granit îşi susțin încărcăturile la fel de bine ca oțelul, dar grinzile de oțel pot suporta greutăți de 15 – 30 de ori mai mari.50 Rezistența la tracțiune tipică pentru oțel este cam de şapte ori mai mare decât cea a aluminiului şi de aproape patru ori mai mare decât rezistența cuprului; duritatea sa este, respectiv, de patru şi de opt ori mai mare; iar în ceea ce priveşte rezistența la temperaturi ridicate: aluminiul se topeşte la 660°C, cuprul la 1 085°C, iar oțelul abia la 1 425°C.

Există patru categorii mari de oţeluri.51 Oţelurile carbon (90% din toate oţelurile de pe piaţă au 0,3 – 0,95% carbon) sunt pretutindeni, de la poduri la frigidere şi de la roţi dinţate la foarfeci. Oţelurile aliate includ diferite proporţii din unul sau mai multe elemente (cele mai des întâlnite fiind manganul, nichelul, siliciul şi cromul, dar şi aluminiu, molibden, titan şi vanadiu), adăugate în scopul îmbunătăţirii proprietăţilor fizice (duritate, durabilitate, ductilitate). Oţelul inoxidabil (10 – 20% crom) a fost produs pentru prima oară abia în 1912 pentru ustensile de bucătărie, iar acum este folosit la scară largă pentru instrumente chirurgicale, motoare, părţi componente de maşini şi în construcţii.52 Oţelurile pentru scule au o rezistenţă la tracţiune de 2 – 4 ori mai mare decât cele mai bune oţeluri pentru construcţii şi sunt folosite pentru tăierea oţelului şi a altor metale pentru matriţe (pentru ştanţarea sau extrudarea altor metale sau materiale plastice), precum şi pentru tăiere şi forjare manuală. Iar toate oţelurile (exceptând unele tipuri inoxidabile) sunt magnetizabile şi din acest motiv potrivite pentru fabricarea maşinilor electrice.

Oţelul determină înfăţişarea civilizaţiei moderne şi îi face posibile funcţiile fundamentale. Este cel mai folosit metal şi formează nenumărate componente esenţiale, vizibile şi invizibile ale lumii de astăzi. Mai mult, aproape toate celelalte produse metalice şi nemetalice pe care le folosim au fost extrase, procesate, modelate, finisate şi distribuite cu unelte şi maşini făcute din oţel şi niciunul dintre mijloacele moderne de transport în masă din zilele noastre nu ar putea funcţiona în absenţa oţelului. Oţelul simplu este omniprezent în interiorul şi exteriorul locuinţelor noastre, în obiecte mici (tacâmuri, cuţite, cratiţe, tigăi, ustensile de

bucătărie, unelte de grădinărit) şi mari (aparate electrocasnice, maşini de tuns iarba, biciclete, automobile).

Înainte ca o clădire mare dintr-un oraş să se înalțe, poți vedea o grămadă masivă de oțel – maşini hidraulice care montează barele de oțel şi toarnă betonul armat pentru fundație, iar apoi şantierul este dominat luni în şir de macarale pentru construcții înalte, din oțel. În 1954, clădirea Socony-Mobil din New York a fost primul zgârie-nori îmbrăcat integral în oțel inoxidabil, iar mai recent clădirea Burj Khalifa din Dubai, înaltă de 828 de metri, foloseşte panouri tip spandrel din oțel inoxidabil texturat şi buloane tubulare verticale din oțel.53 Oțelul este atât componenta structurală esențială, cât şi caracteristica de design a multor poduri în consolă şi suspendate:54 în podul Golden Gate din San Francisco este vopsit constant în oranj;55 podul Akashi-Kaikyō din Japonia are cea mai mare deschidere centrală între stâlpii de susținere, de aproape 2 kilometri, iar turnurile sale din oțel susțin cabluri din oțel împletit cu diametrul de 1,12 metri.56

Străzile oraşelor sunt mărginite de stâlpi de iluminat aşezați la distanțe regulate, construiți din oțel galvanizat la cald şi vopsiți electrostatic pentru a rezista la coroziune; din oțel laminat se fac indicatoarele de semnalizare rutieră de pe marginea drumului şi structurile pentru indicatoarele amplasate deasupra drumului; iar tabla ondulată din oțel se foloseşte pentru parapetele de protecție. Turnuri din oțel susțin cabluri groase din oțel care îi urcă cu telefericul pe schiorii ajunşi în josul pantei şi îi poartă pe vizitatori în telecabine spre vârfurile înalte. Turnurile radio şi TV (piloni ancorați) au depăşit multe recorduri de înălțime pentru structuri realizate de mâna omului, iar peisajele moderne conțin repetiții aparent nesfârşite de turnuri de susținere a liniilor de înaltă tensiune. Două adăugiri recente şi

proeminente sunt turnurile ancorate de înălţimi ameţitoare (pentru transmiterea semnalelor de telefonie mobilă) şi grupuri de turnuri mari pentru turbinele eoliene, amplasate atât pe ţărm, cât şi în larg, iar cele mai masive ansambluri de oţel din ocean sunt uriaşele platforme petroliere şi de gaz natural.57·

După greutate, oţelul este aproape întotdeauna partea cea mai mare a echipamentelor de transport. Avioanele cu reacţie sunt o excepţie importantă (domină aliajele de aluminiu şi fibrele compozite), iar oţelul reprezintă cam 10% din greutatea avionului, în motoare şi trenul de aterizare.58 Un automobil conţine în medie circa 900 de kilograme de oţel.59 La aproape 100 de milioane de vehicule motorizate produse anual, aceasta se translatează în circa 90 de milioane de tone de metal – cam 60% din această cantitate fiind oţel de înaltă rezistenţă care face vehiculele cu 26 – 40% mai uşoare decât oţelul convenţional.60 Cu toate că trenurile de mare viteză moderne (corpuri din aluminiu, interioare din plastic) au oţel doar în proporţie de 15% (roţi, osii, rulmenţi şi motoare), funcţionarea lor necesită linii dedicate care folosesc şine din oţel mai greu decât cel normal.61

Calele tancurilor petroliere şi de gaze lichefiate şi ale navelor transportoare de minereuri, cereale sau ciment sunt făcute prin îndoirea unor table mari din oţel de mare rezistenţă la tracţiune pentru aducerea lor la formele dorite, urmată de sudarea acestora. Dar cea mai mare revoluţie în transportul naval postbelic a reprezentat-o dezvoltarea navelor container (pentru mai multe detalii, vezi capitolul 4). Încărcătura este transportată în cutii din oţel de dimensiuni standardizate.62 Aceste cutii din oţel au înălţimea şi lăţimea de 2,5 metri (lungimea variază) şi sunt stivuite în cale şi sus, pe punte. Sunt şanse ca tot ceea ce porţi să fi fost transportat până la

punctul final de desfacere într-un container din oțel care și-a început călătoria într-o fabrică din Asia.

Și cum au fost realizate toate aceste unelte și mașini? În majoritate de către alte mașini și ansambluri făcute în mare parte din oțel și care execută operații de turnare, forjare, laminare, prelucrări mecanice (strung, freză, burghie), îndoire, sudare, ascuțire și tăiere, aceste ultime operații fiind posibile datorită uluitoarelor unelte din oțel care taie oțelurile carbon cu ușurința cu care un cuțit obișnuit taie untul. Iar mașinile care fac mașini sunt în majoritatea lor acționate cu electricitate, a cărei generare (și, prin urmare, întregul univers al electronicelor, calculatoarelor și telecomunicațiilor) este imposibilă fără oțel: boilerele înalte înțesate cu tuburi din oțel și umplute cu apă presurizată; reactoarele nucleare închise în vase presurizate cu pereți groși; aburul care rotește turbine mari, ale căror axe lungi sunt prelucrate din blocuri masive forjate.

Oțelul pe care nu-l vedem, fiind sub pământ, include elementele de susținere fixe și mobile din minele adânci și milioanele de kilometri de conducte exploratorii, de foraj și de producție din puțurile de țiței și gaz natural. Industria de petrol și gaze depinde de asemenea de oțelul îngropat aproape de suprafață (la adâncimi de 1 – 2 metri) în conductele de colectare, transmitere și distribuție. Conductele magistrale folosesc țevi cu diametre de peste 1 metru, în vreme ce liniile de distribuție pentru gaze pot avea diametre de doar 5 centimetri.63 Rafinăriile de oțel sunt în esență păduri de oțel, cu coloane de distilare înalte, instalații de cracare catalitică, rețele de conducte și vase de stocare. În sfârșit, trebuie să remarc felul în care oțelul salvează vieți în spitale (de la centrifuge și aparatură de diagnosticare la bisturiele din oțel inoxidabil, cârlige chirurgicale și retractoare) și cum, în același timp, ucide:

armate şi flote cu întregul lor armament nu sunt altceva decât imense depozite de oțel dedicate distrugerii.64

Putem asigura stocurile masive de oțel necesare şi cât de importantă este producția metalurgică la nivel mondial? Avem rezervele adecvate de minereu de oțel pentru a continua să producem oțel timp de multe generații în viitor? Putem produce cantități suficiente de oțel pentru a construi infrastructurile moderne şi pentru a creşte nivelul de trai în țările sărace, în care consumul mediu de oțel pe cap de locuitor este mai mic chiar decât era în țările cu economii bogate în urmă cu un secol? Este producția de oțel favorabilă mediului sau extrem de dăunătoare? Putem produce metalul fără să folosim deloc combustibili fosili?

Răspunsul la a doua întrebare este fără îndoială pozitiv. Fierul este elementul dominant al planetei după masă pentru că este greu (de aproape opt ori mai greu decât apa) şi pentru că formează nucleul planetei.65 Dar se găseşte din abundență şi în scoarța terestră: doar trei elemente (oxigenul, siliciul şi aluminiul) sunt mai răspândite; fierul, în proporție de aproape 7%, este pe locul al patrulea.66 Producția actuală de minereu de fier – condusă de Australia, Brazilia şi China – este de 2,5 miliarde de tone, iar resursele mondiale se ridică la peste 800 de miliarde de tone, conținând aproape 250 de miliarde de tone de metal. Este vorba despre un raport între resurse şi producție (R/P) de peste 300 de ani, depăşind cu mult orice orizonturi de planificare imaginabile (pentru țiței, raportul R/P este de doar 50 de ani).67·

Mai mult, oțelul se poate recicla uşor prin topire în cuptoare cu arc electric (CAE) – un container cilindric masiv, termorezistent, construit din plăci de oțel groase (căptuşite cu cărămizi refractare din magneziu), cu capac boltit

detaşabil, răcit cu apă, prin care sunt introduşi trei electrozi masivi din carbon. După ce se încarcă deşeurile de oțel, electrozii sunt coborâți şi curentul electric care trece prin ei formează un arc electric a cărui temperatură ridicată (1 800°C) topeşte cu uşurință încărcătura metalică.68 Totuşi, consumul de electricitate este enorm. Chiar şi un CAE modern cu randament foarte bun are nevoie de tot atâta electricitate cât un oraş american cu circa 150 000 de locuitori.69

Reciclarea vehiculelor este precedată de drenarea tuturor lichidelor, desfacerea tapițeriei şi îndepărtarea bateriilor, servomotoarelor, pneurilor, aparatelor de radio şi a motoarelor funcționale, precum şi a componentelor din plastic, cauciuc, sticlă şi aluminiu. Instalațiile de compactare aplatizează apoi carcasele astfel golite. De departe, cea mai dificilă operație de reciclare este dezmembrarea marilor vase transoceanice, care se face în cea mai mare parte pe plajele din Pakistan (Gadani, la nord-vest de Karachi), India (Alang în Gujarat) şi Bangladesh (în apropiere de Chittagong). Calele construite din plăci groase de oțel trebuie tăiate cu flacără de gaz şi plasmă – o muncă periculoasă şi poluantă efectuată prea adesea de oameni care lucrează fără echipament de protecție adecvat.7·0

Economiile bogate reciclează acum aproape în întregime fierul vechi din industria auto, având o rată similar de mare (>90%) pentru reutilizarea grinzilor şi plăcilor din oțel structurale, iar Statele Unite au reciclat de curând peste 65% din barele de oțel din betonul armat, o rată similară cu reciclarea cutiilor din oțel pentru băuturi şi alimente.7·1 Fierul vechi (deşeurile de oțel) a devenit una dintre cele mai valoroase mărfuri de export din lume, în condițiile în care țări cu un istoric îndelungat al producției de oțel şi care au acumulat foarte mult fier vechi vând materialul unor

producători în plină dezvoltare. UE este cel mai mare exportator, urmată de Japonia, Rusia şi Canada, în vreme ce China, India şi Turcia sunt cei mai mari cumpărători.7·2 Oțelul reciclat constituie aproape 30% din producția anuală totală de metal, cotele parte pe plan național variind între 100% pentru câteva țări mici producătoare de oțel şi până la 70% în SUA, aproximativ 40% în UE şi mai puțin de 12% în China.7·3

Asta înseamnă că fabricarea primară a oțelului continuă să domine, producând în fiecare an peste dublul cantității de metal care se reciclează – aproape 1,3 miliarde de tone în 2019. Procesul începe în furnale (structuri înalte din fier şi oțel, căptuşite cu materiale refractare) care produc fontă de furnal lichidă prin topirea minereului de fier, a cocsului şi a calcarului.7·4 A doua etapă – reducerea conținutului ridicat de carbon al fontei şi producerea oțelului – are loc într-un cuptor cu oxigen bazic; adjectivul se referă la proprietățile chimice ale zgurii rezultate). Procesul a fost inventat în anii 1940 şi a fost rapid comercializat după 1955.7·5 Convertizoarele cu oxigen din zilele noastre sunt vase voluminoase, în formă de pară, cu partea de sus deschisă, prin care se încarcă până la 300 de tone de metal lichid, care apoi este suflat cu oxigen de sus şi de jos. Reacția reduce conținutul de carbon al metalului (până la valori de circa 0,04%) în circa 30 de minute. Combinația dintre furnal şi convertizorul cu oxigen constituie baza producției moderne integrate de oțel. Ultimii paşi includ transferul oțelului lichid în instalațiile de turnare continuă pentru producerea plăcilor şi țaglelor (cu secțiuni pătrate sau dreptunghiulare) şi a tablelor care în cele din urmă sunt transformate în produsele finite din oțel.

Fabricarea fierului este un proces energointensiv, în care circa 75% din necesarul total este consumat de furnale. Cele

mai bune practici actuale au un necesar combinat de numai 17-20 gigajouli pe tona de produs finit; metodele mai puțin eficiente necesită 25-30 GJ/t.7·6 În mod evident, costul energetic al oțelului secundar produs în CAE este mult mai mic decât costul producției integrate. Cele mai performante linii de producție din zilele noastre ajung la puțin peste 2 GJ/t. La asta trebuie adăugat costul energetic al laminării metalului (în majoritate, între 1,5 şi 2 GJ/t), astfel încât valorile globale reprezentative pentru costurile energetice generale ar putea fi de circa 25 GJ/t în cazul producției integrate de oțel şi de 5 GJ/t pentru oțelul reciclat.7·7· În 2019, necesarul energetic pentru producția de oțel la nivel mondial a fost de circa 34 exajouli sau aproximativ 6% din rezerva mondială de energie primară.

Dată fiind dependența industriei de cărbunele cocsificabil şi gazele naturale, producția de oțel a avut totodată o contribuție majoră la generarea antropogenă a gazelor cu efect de seră. Asociația Mondială a Oțelului aşază rata globală medie la 500 de kilograme pe tonă, industria siderurgică emițând în perioada recentă circa 900 megatone de carbon pe an sau 7-9% din emisiile directe rezultate în urma arderii combustibililor fosili la nivel mondial.7·8 Dar oțelul nu este singurul material important responsabil pentru o cotă semnificativă din emisiile de CO2. Astfel, cimentul este mult mai puțin energointensiv, dar întrucât producția globală este de aproape trei ori mai mari decât cea a oțelului, această industrie este responsabilă pentru o cotă parte foarte similară (circa 8%) din carbonul emis.

Betonul: o lume creată din ciment

Cimentul este o componentă indispensabilă a betonului şi este produs prin încălzirea (la cel puțin 1 450°C) a calcarului măcinat (o sursă de calciu) laolaltă cu argilă, şisturi bituminoase sau materiale reziduale (surse de siliciu, aluminiu şi fier) în nişte cuptoare de ardere mari – cilindri metalici lungi (100 – 220 metri) şi înclinați.7·9 Această sinterizare la temperaturi înalte produce clincher (calcar topit şi aluminosilicați) care este măcinat pentru obținerea pudrei fine de ciment.

Betonul e alcătuit în mare parte (65 – 85%) din agregate şi apă (15 – 20%).80 Agregatele mai fine, cum ar fi nisipul, dau un beton mai rezistent, dar au nevoie de mai multă apă în amestec decât agregatele mai grosiere, care folosesc pietriş de diferite dimensiuni. Amestecul este ținut laolaltă de ciment – de regulă, 10 – 15% din masa finală a betonului – a cărui reacție cu apa stabilizează mai întâi amestecul şi apoi îl întăreşte.

Rezultatul este acum cel mai mult întrebuințat material al civilizației moderne, dur, greu şi capabil să suporte decenii de utilizare în condiții dificile, mai ales când e armat cu oțel. Betonul simplu este destul de eficient în privința rezistenței la comprimare (iar cele mai bune varietăți moderne sunt de cinci ori mai rezistente decât cele obținute cu două generații în urmă) – dar are o rezistență la tensiune mică.81 Oțelul pentru construcții (oțel-beton) are o rezistență la întindere de până la 100 de ori mai mare şi diferite tipuri de armături (plasă de oțel, bare de oțel, fibre din sticlă sau din oțel, PP) au fost folosite pentru a micşora această diferență uriaşă.

Începând din 2007, cea mai mare parte a omenirii a locuit în oraşe care au devenit posibile datorită oțelului. Bineînțeles, există o mulțime de alte materiale în clădirile urbane: zgârie-nori care au schelet metalic acoperit cu sticlă sau metal; în

America de Nord, casele detaşate din suburbii sunt făcute din lemn (stâlpi, placaj, plăci aglomerate din lemn) şi plăci de ghips-carton (şi adesea învelite cu cărămidă sau piatră); iar cheresteaua artificială este folosită în prezent pentru construirea blocurilor de locuințe cu multe etaje.82 Dar zgârie-norii şi blocurile de locuințe înalte se sprijină pe piloni din beton; betonul nu intră doar în fundații şi subsoluri, ci şi în mulți dintre pereți şi în tavane şi este omniprezent în toate tipurile de infrastructură urbană – de la rețelele inginereşti (conducte mari, canale pentru cabluri, canalizări, fundații pentru metrouri, tuneluri) la infrastructura de transport la suprafață (trotuare, şosele, poduri, debarcadere, pistele din aeroporturi). Oraşele moderne – de la São Paulo şi Hong Kong (cu turnurile lor de apartamente multietajate) la Los Angeles şi Beijing (cu rețelele lor extinse de autostrăzi) – sunt întrupări ale betonului.

Cimentul roman era un amestec de ghips, var nestins şi nisip vulcanic şi s-a dovedit a fi un material excelent şi durabil pentru construcții mari, inclusiv bolți extinse. Panteonul, intact după aproape două milenii (a fost definitivat în anul 126 e.n.), continuă să aibă o deschidere mai mare decât orice altă construcție realizată din beton nearmat.83 Dar procesul de preparare a cimentului modern a fost patentat abia în 1824 de către Joseph Aspdin, un cărămidar din Anglia. Mortarul lui hidraulic era obținut prin arderea calcarului şi argilei la temperaturi ridicate: calcarul, silicea şi alumina prezente în aceste materiale sunt vitrificate sau transformate într-o substanță asemănătoare sticlei, a cărei măcinare produce cimentul Portland.84 Aspdin a ales acest nume (folosit şi astăzi pe scară largă) pentru că, odată durificat şi după ce reacționează cu apa,

clincherul vitrificat are o culoare asemănătoare calcarului din insula Portland din Marea Mânecii.

Aşa cum am menţionat deja, noul material se comporta excelent la compresiune, iar cele mai bune tipuri de beton din zilele noastre pot suporta presiuni de peste 100 megapascali, ceea ce ar echivala aproximativ cu greutatea unui mascul de elefant african stând în echilibru pe o monedă.85 Lucrurile se schimbă însă în privinţa tensiunii: o forţă de tracţiune de doar 2 – 5 megapascali (mai puţin decât ar fi nevoie pentru ruperea pielii umane) poate sparge betonul. Este motivul pentru care adoptarea comercială pe scară largă a betonului în construcţii a avut loc numai după ce progresele graduale în armarea cu oţel l-au făcut potrivit pentru părţile supuse la tracţiuni ridicate.

În anii 1860 şi 1870, primele patente pentru armare au fost depuse de François Coignet şi Joseph Monier din Franţa (Monier, grădinar de profesie, a început să folosească plase de oţel ca să-şi armeze ghivecele mari), dar adevărata inovaţie s-a produs în 1884, odată cu barele din oţel pentru armături ale lui Ernest Ransome.85 Primele proiecte ale cuptoarelor rotative moderne pentru ciment, în care mineralele sunt vitrificate la temperaturi de până la 1 500°C, au apărut în anii 1890 şi au făcut posibilă utilizarea betonului ieftin în proiecte de mari proporţii. În 1903, clădirea Ingalls de 16 etaje din Cincinnati a devenit primul zgârie-nori din lume construit din beton armat.87· După numai trei ani, Thomas Edison a căpătat convingerea că betonul trebuie să înlocuiască lemnul în casele detaşate din America şi a început să proiecteze şi să toarne la faţa locului case din beton în New Jersey; în 1911, el a încercat să revitalizeze proiectul eşuat oferind şi mobilier ieftin din beton, inclusiv seturi complete pentru dormitor şi chiar a

realizat din beton un fonograf, una dintre invențiile lui favorite.88

În acelaşi timp, în contrast cu eşecul lui Edison, Robert Maillart, un inginer elvețian, a făcut pionierat într-un domeniu al construcțiilor din beton care se menține puternic şi în zilele noastre: poduri din beton armat, începând cu Zuoz (relativ scurt) în 1901 şi Tavanasa în 1906. Proiectul lui cel mai cunoscut, îndrăzneața arcadă Salginatobel peste o râpă din Alpi, a fost definitivat în 1930, iar acum este Monument istoric internațional de inginerie civilă.89 Primele proiecte pentru construcții din beton au fost susținute şi de arhitecții Auguste Perret în Franța (apartamente elegante şi Theatre des Champs-Élysées) şi Frank Lloyd Wright în SUA. Cele mai cunoscute proiecte ale lui Wright din perioada interbelică au fost hotelul Imperial din Tokyo, terminat cu puțin înainte de cutremurul din 1923 care a distrus oraşul şi a deteriorat noua construcție, şi Fallingwater din Pennsylvania, încheiat în 1939. Muzeul Guggenheim din New York a fost ultimul lui proiect celebru din beton, definitivat în 1959.90

Rezistența la tracțiune a oțelului-beton a fost îmbunătățită prin turnarea betonului în forme ale căror sârme sau bare erau tensionate cu puțin înainte de turnare (pretensionare, cu ancore terminale care sunt folosite pentru tensionarea oțelului şi sunt eliberate după ce betonul şi metalul se unesc) sau după turnare (posttensionare, cu tendoanele de oțel blocate în interiorul tecilor protectoare). Primul mare proiect pretensionat, podul Plougastel realizat de Eugène Freyssinet în apropiere de Brest, a fost terminat în 1930.91 Cu designul ei îndrăzneț, alb, Opera din Sydney (construită între 1959 şi 1973) a lui Jørn Utzon este probabil cea mai cunoscută construcție din beton pretensionat din lume.92 Pretensionarea se foloseşte în prezent pe scară largă, iar cele

mai lungi poduri din beton armat nu traversează râuri sau defileuri, ci sunt mai degrabă viaducte de cale ferată pentru trenurile de mare viteză. Recordul îl deține Marele Pod Danyang – Kunshan din China, lung de 164,8 kilometri (definitivat în 2010), parte a liniei ferate de mare viteză Beijing – Shanghai.93

Betonul armat se află acum în interiorul oricărei clădiri mari moderne şi al fiecărei infrastructuri de transport, de la danele portuare la inelele segmentate instalate de maşinile moderne de săpare a tunelurilor (sub Canalul Mânecii şi sub Alpi). Configurația standard a sistemului de autostrăzi interstatale din SUA constă dintr-un strat de circa 28 de centimetri de beton nearmat deasupra unui strat de două ori mai gros de agregate naturale (pietre, pietriş şi nisip) – iar întregul sistem interstatal conține circa 50 de milioane de tone de ciment, 1,5 miliarde de tone metrice de agregate şi numai circa 6 milioane de tone de oțel (pentru susținere structurală şi podețele tubulare).94 Pistele de pe aeroporturi (de până la 3,5 kilometri lungime) au fundații din beton armat, cea mai mare adâncime înregistrându-se în zona de aterizare propriu-zisă, ca să reziste la şocurile repetate ale sutelor de mii de aterizări din fiecare an, efectuate de avioane cântărind până la circa 380 de tone (Airbus 380). De exemplu, pentru construirea celei mai lungi piste din Canada (4,27 kilometri, în Calgary) a fost nevoie de peste 85 000 de metri cubi de beton şi de 16 000 de tone de oțel-beton.95

Dar de departe cele mai masive construcții din beton armat sunt barajele cele mai mari din lume. Epoca acestor megastructuri a început în anii 1930 cu construcția Barajului Hoover de pe râul Colorado şi cu Grand Coulee de pe râul Columbia. Uriaşul Baraj Hoover, amplasat într-un defileu, a necesitat 3,4 milioane de metri cubi de beton şi 20

000 de tone de oțel-beton, de două ori mai multă tablă şi țevi din oțel şi 8 000 de tone de oțel pentru construcții.96 Sute de asemenea baraje au fost construite în a doua jumătate a secolului XX, iar cel mai mare baraj din lume – Sanxia (Trei Defileuri) din China de pe fluviul Yangzi, care generează electricitate din 2011 – a folosit pentru armarea celor aproape 28 de milioane de metri cubi de beton 256 500 de tone de oțel.97·

Consumul anual de ciment din America a crescut de zece ori între 1900 şi 1928, când a ajuns la 30 de milioane de tone, iar boomul postbelic din construcții – inclusiv construirea Sistemului de autostrăzi interstatale şi expansiunea aeroporturilor – s-a triplat până la sfârşitul secolului. Vârful a fost atins în 2005, cu 128 milioane de tone, iar valorile recente se situează în jurul valorii de 100 de milioane de tone pe an.98 Aceasta este acum doar o fracție mică din necesarul anual al celui mai mare consumator de ciment al lumii, China. În 1980, la începutul perioadei de modernizare, aici se produceau mai puțin de 80 de milioane de tone de ciment. În 1985, a depăşit SUA, devenind cel mai mare producător al lumii, iar în 2019 producția sa de circa 2,2 miliarde de tone a fost doar puțin peste jumătate din totalul la nivel mondial.99

Cea mai uimitoare consecință a acestei creşteri este, probabil, faptul că în doar doi ani – 2018 şi 2019 – China a produs tot atât de mult ciment (circa 4,4 miliarde de tone) cât au produs Statele Unite în tot secolul XX (4,56 miliarde de tone). Deloc surprinzător, această țară deține acum cele mai extinse sisteme de autostrăzi, trenuri rapide şi aeroporturi, precum şi cel mai mare număr de hidrocentrale gigantice şi oraşe noi cu populații de ordinul milioanelor. O altă statistică uluitoare este dată de faptul că în prezent lumea consumă într-un an mai mult ciment decât în toată

prima jumătate a secolului XX. Şi (atât din fericire, cât şi din nefericire) aceste enorme mase de beton modern nu vor dura la fel de mult ca şi cupola casetată a Panteonului.

Betonul obişnuit folosit în construcții nu este un material foarte durabil şi este supus multor agresiuni din partea mediului.100 Suprafețele expuse sunt atacate de umezeală, îngheț, culturi de bacterii şi alge (mai ales la tropice), depuneri de acizi şi vibrații. Structurile din beton îngropate înregistrează crăpături provocate de presiuni şi sunt afectate de compuşii reactivi care se preling de deasupra. Alcalinitatea ridicată a betonului (materialul proaspăt turnat are un pH de circa 12,5) constituie o protecție eficientă împotriva corodării oțelului-beton, dar crăpăturile şi exfolierea expun metalul la dezintegrare corozivă. Clorurile atacă betonul scufundat în apele marine şi betonul de pe drumuri în timpul iernii, acolo unde sarea este folosită pentru topirea gheții.

Între 1990 şi 2020, generalizarea folosirii betonului în lumea modernă a făcut să se toarne aproape 700 de miliarde de tone de material dur, dar care se fărâmițează lent. Durabilitatea construcțiilor din beton variază mult. Deşi este imposibil de oferit o valoare medie a longevității sale, multe se vor deteriora grav după numai două sau trei decenii, în vreme ce altele se vor comporta bine şi după 60 – 100 de ani. Asta înseamnă că de-a lungul secolului al XXI ne vom confrunta cu probleme fără precedent legate de deteriorarea, înnoirea şi îndepărtarea betonului (evident, problema fiind deosebit de acută în China), căci construcțiile vor trebui dărâmate – pentru a fi înlocuite sau distruse – sau abandonate. Construcțiile din beton pot fi demolate lent, oțelul-beton se poate separa şi ambele materiale pot fi reciclate. Procesul nu este ieftin, dar e perfect posibil. După mărunțire şi sortare, agregatul poate fi încorporat în

construcțiile din beton noi, iar oțelul-beton poate fi reciclat.101 Chiar şi acum, betonul de înlocuire şi betonul nou sunt necesare peste tot.

În țările bogate, cu o creştere lentă a populației, principala nevoie este să se repare infrastructurile deteriorate. Ultimele evaluări referitoare la situația din SUA acordă numai note proaste şi foarte proaste tuturor sectoarelor dominate de beton, digurile, drumurile şi aviația primind calificative de D, iar calificativul mediu general este de doar D+.102 Această apreciere ne dă un indiciu privind situația cu care s-ar putea confrunta China până în 2050 (din perspectiva masei şi a costurilor). În schimb, țările cele mai sărace au nevoie de infrastructuri esențiale, iar în multe locuințe din Africa şi Asia nevoia fundamentală este să se înlocuiască podelele din pământ bătătorit cu pardoseli betonate, pentru creşterea generală a igienei şi pentru a se reduce incidența bolilor parazitare cu aproape 80%.103

Odată cu îmbătrânirea populațiilor, migrația către oraşe, globalizarea economică şi larg răspânditele declinuri regionale, şi mai multe structuri din beton vor fi abandonate în toată lumea. Ruinele din beton ale uzinelor de automobile din Detroit, întreprinderile abandonate din vechile regiuni industriale ale Europei şi toate acele fabrici şi monumente construite de corifeii planificării centralizate ai Uniunii Sovietice în marea câmpie rusă şi în Siberia sunt doar primele valuri ale acestei tendințe.104 Alte relicve din beton comune şi proeminente sunt buncărele defensive cu pereți groşi cum sunt cele din Normandia şi de pe Linia Maginot şi silozurile masive din beton care înainte adăposteau rachete nucleare, iar acum zac pustii în Marile Câmpii ale Americii.

Privire generală asupra materialelor: inputuri vechi şi noi

În prima jumătate a secolului XXI – cu o creştere demografică mai lentă şi cu valori stagnante sau chiar în scădere în multe dintre țările bogate – economiile ar trebui să nu aibă nicio problemă în a satisface cererea pentru oțel, ciment, amoniac şi materiale plastice, mai ales în condițiile intensificării reciclării. Dar este improbabil ca până în 2050 toate aceste industrii să elimine dependența de combustibilii fosili şi să înceteze să contribuie în mod semnificativ la emisiile de CO2 globale. Acest lucru este cu atât mai improbabil în țările sărace, aflate în curs de modernizare şi având necesități enorme în privința infrastructurilor şi a consumului, care vor determina creşteri la scară mare a tuturor materialelor de bază.

Replicarea experienței Chinei de după 1990 ar echivala cu o creştere de 15 ori a producției de oțel, de peste 10 ori a producției de ciment, mai mult decât dublarea sintezei de amoniac şi o mărire de peste 30 de ori a sintezei materialelor plastice.105 În mod evident, chiar dacă alte țări în curs de modernizare ar realiza doar jumătate sau măcar un sfert din progresele recente ale Chinei în privința materialelor, aceste țări tot vor vedea o multiplicare a consumului lor actual. Cererea de carbon fosil a fost – şi va continua să fie vreme de decenii – prețul pe care-l plătim pentru multitudinea de beneficii aduse de dependența noastră de oțel, ciment, amoniac şi materiale plastice. Şi, în timp ce continuăm să extindem trecerea la formele de energie regenerabilă, vom avea nevoie de mase mai mari din materialele vechi, precum şi de cantități fără precedent din materialele care anterior au fost necesare doar în cantități modeste.106

Două exemple proeminente ilustrează această dependență materială în plină derulare. Nicio structură nu este în mod mai evident un simbol al generării de electricitate „verde” decât marile turbine eoliene – dar aceste enorme acumulări de oțel, ciment şi materiale plastice sunt în acelaşi timp întrupări ale combustibililor fosili.107· Au fundații din beton armat, turnurile, nacelele şi rotoarele sunt din oțel (cu totul, aproape 200 de tone de oțel pentru fiecare megawatt de capacitate instalată de generare), iar palele lor masive sunt răşini plastice energointensive (şi dificil de reciclat) – cam 15 tone pentru o turbină de dimensiuni medii. Toate aceste componente gigantice trebuie aduse la locul instalării de camioane supradimensionate şi ridicate de macarale imense din oțel, iar cutiile de transmisie trebuie lubrifiate în mod repetat cu ulei. Multiplicarea acestor necesități cu milioanele de turbine care ar fi necesare pentru eliminarea electricității generate cu ajutorul combustibililor fosili ne arată cât de amăgitoare sunt orice discuții despre viitoarea dematerializare a economiilor verzi.

Automobilele electrice oferă probabil cel mai bun exemplu al noilor şi uriaşelor dependențe materiale. O baterie tipică cu litiu care cântăreşte circa 450 de kilograme conține circa 11 kilograme de litiu, aproape 14 kilograme de cobalt, 27 kilograme de nichel, peste 40 de kilograme de cupru şi 50 de kilograme de grafit – precum şi circa 181 kilograme de oțel, aluminiu şi materiale plastice. Furnizarea acestor materiale pentru un singur vehicul necesită procesarea a aproape 40 de tone de minereu şi, dată fiind concentrația scăzută a multor elemente în minereurile care le conțin, este nevoie să se extragă şi să se prelucreze aproximativ 225 de tone de materii prime.108 Şi în acest caz, va trebui să multiplicăm asta cu aproape 100 de milioane de unități, care este producția anuală mondială de vehicule cu combustie

internă, care ar urma să fie înlocuite de cele cu motoare electrice.

Incertitudinile legate de viitoarele rate de adoptare a vehiculelor electrice sunt mari, dar o evaluare detaliată a nevoilor materiale, bazată pe două scenarii (care presupun că în 2050 fie 25%, fie 50% din flota mondială va fi alcătuită din vehicule electrice), a ajuns la următoarele concluzii: din 2020 până în 2050 cererea de litiu va creşte de 18 – 20 de ori, pentru cobalt de 17 – 19 ori, pentru nichel de 28 – 31 ori, iar pentru majoritatea celorlalte materiale se vor aplica factori de 15 – 20 începând din 2020.109 În mod evident, aceasta va necesita nu numai o creştere considerabilă a extracţiei şi procesării litiului, cobaltului (o mare parte din acesta provine acum din puţurile adânci săpate manual în Congo, unde mâna de lucru reprezentată de copii este folosită pe scară largă) şi a nichelului, dar şi o căutare extinsă de noi resurse. Iar acestea, la rândul lor, nu pot avea loc fără mari transformări suplimentare ale combustibililor fosili şi electricităţii. Una este să generezi prognoze lent crescătoare pentru deţinerea în viitor a vehiculelor electrice şi cu totul altceva să creezi aceste noi stocuri de materiale la o masă planetară.

Economiile moderne vor depinde mereu de fluxuri masive de materiale, fie că e vorba de îngrăşămintele pe bază de amoniac necesare hrănirii unei populaţii care continuă să crească la nivel planetar; de plasticele, oţelul şi cimentul necesare pentru noile unelte, maşini, structuri şi infrastructuri; sau de noile inputuri necesare pentru producerea celulelor solare, turbinelor eoliene, maşinilor electrice şi acumulatoarelor. Iar până când toate energiile folosite în extragerea şi procesarea acestor materiale vor proveni din transformările regenerabile, civilizaţia modernă va continua să depindă în mod fundamental de

combustibilii fosili folosiți în producerea acestor materiale indispensabile. Nici inteligența artificială, nici aplicațiile şi nici mesageria electronică nu vor schimba acest lucru.

Capitolul 4

Să în**ţ**elegem globalizarea

Motoare, microcipuri **ş**i dincolo de acestea

Zi de zi, globalizarea se manifestă în nenumărate moduri. Nave încărcate cu multe mii de containere din oțel aduc dispozitive electronice şi electrocasnice, ciorapi şi pantaloni, unelte de grădinărit şi echipament sportiv din Asia în centrele comerciale din Europa şi America de Nord, precum şi vânzătorilor de îmbrăcăminte şi ustensile de bucătărie ieftine din Africa şi America Latină. Tancuri petroliere uriaşe transportă țiței din Arabia Saudită la rafinăriile din India şi Japonia, şi gazul natural lichefiat din Texas la bazinele de stocare din Franța şi Coreea de Sud. Mineraliere gigantice pline cu minereu de fier pleacă din Brazilia în China şi se întorc goale (la fel ca tancurile petroliere) în porturile de origine. Celebrele telefoane iPhone, proiectate de compania americană Apple, sunt asamblate într-o fabrică deținută de Taiwan (Hon Hai Precision, cu denumirea comercială Foxconn) din Shenzhen, în provincia chineză Guangdong,

din componente care provin din peste zece de țări, după care telefoanele sunt distribuite în toată lumea într-un proces bine coordonat de inginerie şi marketing integrat.1

Migrațiile internaționale includ familii din Punjab sau Liban care sosesc în Toronto şi Sydney cu curse aeriene programate, migranți care-şi riscă viețile în ambarcațiuni gonflabile în încercarea de a ajunge în Lampedusa sau Malta şi tineri adulți în căutare de educație superioară peste hotare, în Londra, Paris sau în colegii mici din Iowa şi Kansas.2 Călătoria de plăcere a atins asemenea niveluri, încât în multe cazuri eticheta pre-pandemică de „supraturism” era doar o descriere moderată a ceea ce se întâmpla în piața San Pietro din Roma, unde bazilica era plină ochi cu turişti înarmați cu suporturi pentru selfie, veniți în excursii organizate de operatorii europeni sau pe plajele din Asia, care s-au degradat atât de mult, încât au trebuit să fie închise pentru vizitatori.3 Izbucnirea pandemiei de COVID-19 a generat noi crize de supraturism, când sute de persoane în vârstă au rămas blocate pe navele de croazieră în largul coastelor Japoniei şi Madagascarului la începutul primăverii lui 2020 – şi totuşi, înainte de sfârşitul anului, chiar când în toată lumea valuri noi de infectare se răspândeau rapid, principalele companii de turism anunțau noi croaziere pentru 2021 (atât de mare este neastâmpărul civilizației moderne!).

Statisticile privind mişcările monetare subestimează grosolan adevăratele fluxuri (inclusiv cele ilegale considerabile). Comerțul mondial de mărfuri se apropie acum de 20 de bilioane de dolari pe an, iar valoarea anuală a comerțului mondial în servicii comerciale se apropie de 6 bilioane de dolari.4 Investițiile străine directe s-au dublat între 2000 şi 2019, iar acum se apropie de 1,5 bilioane de dolari pe an, în vreme ce până în 2020 schimburile

mondiale de valută au totalizat aproape 7 bilioane de dolari pe zi.[5] Iar cifrele care descriu fluxurile mondiale de informaţii sunt cu multe ordine de mărime mai mari decât aceste transferuri monetare – nu doar în terabyţi sau petabyţi, ci în exa- (1018) şi yotta- (1024) byţi de date.[6]

În mod evident, nu putem să înţelegem cum funcţionează cu adevărat lumea modernă fără să apreciem evoluţia, extinderea şi consecinţele acestui proces multilateral, care atrage după sine (potrivit cu ceea ce eu cred că este probabil cea mai bună definiţie concisă) „interdependenţa crescândă a economiilor, culturilor şi populaţiilor lumii, determinată de comerţul transfrontalier de bunuri şi servicii, tehnologie şi fluxuri de investiţii, oameni şi informaţii”.[7]· Contrar unor convingeri larg răspândite, procesul nu este nou. Mutarea slujbelor în ţările cu costuri scăzute ale muncii (arbitrajul muncii) este doar unul dintre factorii determinanţi necesari, iar viitoarea sa expansiune şi intensificare nu are nimic inevitabil. Probabil că cea mai importantă concepţie greşită legată de globalizare este ideea că ar fi un fenomen istoric inevitabil, predeterminat de evoluţia economică şi socială. Nu e deloc aşa: globalizarea nu este, aşa cum a afirmat un fost preşedinte american, „echivalentul economic al unei forţe naturale, ca vântul sau apa”; este doar un alt construct uman, iar acum există un consens tot mai mare potrivit căruia, în unele privinţe, a mers deja prea departe şi trebuie reajustat.[8]

În acest capitol voi arăta că globalizarea este un proces cu un istoric considerabil (deşi, în trecut, fluxurile crescânde de bunuri, investiţii şi oameni nu erau subsumate acestei etichete), iar recenta atenţie acordată fenomenului a escaladat datorită extinderii sale, nu noutăţii. Graficele utilitarului de la Google, Ngram Viewer, oferă excelente ilustrări ale tendinţelor pe termen lung acordate oricăror

evoluții notabile. Graficul pentru globalizare constă dintr-o linie orizontală apropiată de zero până la mijlocul anilor 1980, urmată de o creştere bruscă a interesului în următoarele două decenii – o creştere de 40 de ori a frecvenței între 1987 şi 2006, când interesul a atins un vârf – urmată de un declin cu 33% până în 2018.

Dacă, într-adevăr, costurile scăzute ar fi singurul motiv pentru situarea noilor fabrici în străinătate – aşa cum mulți oameni par să creadă în mod eronat – atunci Africa subsahariană ar fi varianta cea mai evidentă, iar India ar fi aproape întotdeauna preferabilă Chinei. Însă, în al doilea deceniu al secolului XXI, China a avut o medie anuală a investițiilor străine directe de 230 miliarde de dolari, în comparație cu mai puțin de 50 de miliarde de dolari pentru India şi de doar circa 40 de miliarde de dolari pentru toată Africa subsahariană (exceptând Africa de Sud).9 China a oferit o combinație de alți factori de atracție – mai presus de toate, conducerea centralizată a partidului unic, care a putut garanta stabilitate politică şi condiții acceptabile pentru investiții; o populație numeroasă, foarte omogenă şi instruită; şi o uriaşă piață internă – care au făcut-o alegerea preferată față de Nigeria, Bangladesh şi chiar India, iar asta a avut ca rezultat o remarcabilă complicitate între cel mai mare stat comunist al lumii şi o grupare aproape completă a principalelor întreprinderi capitaliste ale planetei.10

Globalizarea a fost pusă în legătură, în mod îndreptățit, cu avantajele, beneficiile, distrugerea creativă, modernitatea şi progresul pe care le-a adus unui mare număr de națiuni. De departe, China a fost cel mai mare beneficiar al acesteia, întrucât reintegrarea țării în economia mondială a contribuit la reducerea numărului de oameni care trăiau în sărăcie extremă cu 94% între 1980 şi 2015.11 Dar aceste câştiguri şi elogii coexistă cu diferite grade de dezaprobare sau chiar

de respingere făţişă a procesului, cu o stare de nemulţumire şi de mânie generată de pierderea slujbelor bine plătite ca urmare a relocării în străinătate a afacerilor (după anul 2000, pierderile au fost deosebit de semnificative în câteva sectoare ale economiei americane), a reducerii cu orice preţ a costurilor în condiţiile în care arbitrajul muncii împinge şi mai jos remuneraţiile, şi a creşterii inegalităţii şi a unor noi tipuri de sărăcire.12

Deşi sunt multe lucruri cu care putem să fim sau să nu fim de acord în aceste reacţii sau analize, acest capitol nu va fi nici o reiterare a scenariilor des întâlnite în publicaţiile economice ale ultimelor două generaţii, nici o polemică legată de cât este de dezirabil fenomenul. Scopul meu este să explic modul în care factorii tehnici – mai presus de toate, noile forţe primare (mecanisme, turbine, motoare) şi noile mijloace de comunicare şi informare (stocare, transmitere şi recuperare) – au făcut posibile valurile succesive ale globalizării şi apoi să arăt cum aceste progrese tehnice au fost condiţionate de condiţiile politice şi sociale predominante. Ca rezultat, continuarea şi intensificarea procesului nu are nimic inevitabil, iar retragerea semnificativă, lungă de decenii, de după 1913 faţă de globalizare, precum şi recentele inversiuni şi îngrijorări legate de siguranţa lanţurilor de aprovizionare existente servesc drept aduceri aminte evidente ale acestei realităţi.

Originile îndepărtate ale globalizării

În forma ei fundamental fizică, globalizarea este, şi va rămâne, pur şi simplu o mişcare a maselor – de materii prime, de alimente, de produse finite şi de oameni – şi o

transmitere de informații (avertismente, îndrumări, ştiri, date, idei) şi investiții în interiorul continentelor şi între acestea, mijlocită de tehnici care fac astfel de transferuri posibile la scară mare şi în moduri convenabile şi sigure. În mod inevitabil, aceste transferuri presupun transformări energetice şi, cu toate că mişcarea maselor şi transmiterea informațiilor se poate face şi prin utilizarea muşchilor umani şi animali (transportul încărcăturilor, trimiterea mesagerilor călare), aceste forțe primare însuflețite au o putere, o rezistență şi o arie de acoperire foarte limitate – şi, desigur, sunt incapabile să treacă peste oceane.

Corăbiile, care datează încă din Egiptul din urmă cu peste 5 000 de ani, au fost primele convertoare de energie lipsite de viață care au făcut posibile astfel de legături, dar abia motoarele cu abur, ajutate de mijloace de navigație mai bune, au adus lumii schimburile reciproce la scară mare, cu costuri scăzute şi sigure – şi abia după răspândirea de după 1900 a motoarelor cu combustie internă (pe uscat, pe ocean şi în aer) şi după adoptarea în 1955 a electronicii stării solide (semiconductorii), acest proces a crescut la niveluri fără precedent. Dar aceste inovații au intensificat globalizarea, nu au lansat-o. Procesul (spre deosebire de proeminența sa de după 1985) nu este un fenomen nou, iar în acest capitol voi urmări atât derularea în timp, cât şi amploarea valurilor sale din trecut – şi limitele extinderii şi intensității acestora.

Procesul a început cu mult timp în urmă, dar primele sale reprize au fost în mod inerent limitate. Comerțul cu obsidian de-a lungul rutelor preistorice din părți ale Lumii Vechi cu peste 6 000 de ani în urmă nu este, aşa cum s-a afirmat de curând, un exemplu de globalizare13 – dar multe legături anterioare „descoperirii” Americii de către europeni erau relativ intense şi cu adevărat intercontinentale. Corăbiile

navigau cu regularitate din Berenice, port la Marea Roşie din Egiptul roman, spre India, la fel cum plecau din Basra. Cassius Dio scria în 116 e.n. că împăratul Traian, în timpul ocupării temporare a Mesopotamiei, stătea pe ţărmul Golfului Persic şi urmărea plecarea unei corăbii spre India, dorindu-şi să fi fost tânăr ca Alexandru, care îşi condusese oştile spre acea ţară îndepărtată.14 Mătasea chinezească a ajuns, trecând prin Imperiul Part, tocmai până la Roma – aşa cum făceau transporturile regulate de grâne şi încărcăturile extraordinar de grele ale obeliscurilor antice din Egipt şi de animale sălbatice din Mauretania Tingitana (nordul Marocului).15

Dar legarea difuză a unor părţi din Europa, Asia şi Africa era departe de a constitui o anvergură cu adevărat globală. Abia odată cu includerea Lumii Noi (începând din 1492) şi prima circumnavigaţie a Pământului (1519) această definiţie a început să fie satisfăcută şi după numai un secol schimburile comerciale legau statele europene cu interiorul Asiei, India şi Orientul Îndepărtat, precum şi cu regiunile de coastă ale Africii şi cu ambele Americi – doar Australia fiind lăsată deoparte. Unele dintre aceste legături timpurii au fost pe cât de durabile, pe atât de transformatoare. Compania Indiilor de Est, cu sediul în Londra şi care a funcţionat între 1600 şi 1874, a comercializat o gamă largă de articole – în mare parte către şi dinspre subcontinentul indian – de la textile şi metale la mirodenii şi opiu. Vereenigde Oost-Indische Compagnie (Compania Olandeză a Indiilor de Est) importa mirodenii, textile, pietre preţioase şi cafea în special din Asia de Sud-Est; a menţinut un monopol neîntrerupt asupra comerţului cu Japonia vreme de două secole (între 1641 şi 1858), iar dominaţia olandeză asupra Indiilor de Est a luat sfârşit abia în 1945.16

În acelaşi timp, capacităţile tehnice au pus în mod clar limite pe frecvenţa şi intensitatea acestor schimburi incipiente, iar aici voi folosi elementele lor distinctive esenţiale – puterea maximă şi viteza modurilor de transport individuale, şi capacitatea de a comunica pe distanţe lungi din ce în ce mai rapid şi mai sigur – pentru a urmări cele patru epoci distincte ale globalizării.

Globalizarea incipientă a conectat în cele din urmă lumea cu ajutorul schimburilor comerciale pe distanţe lungi, dar nu foarte intense, facilitate de corăbiile cu pânze. Motoarele cu abur au făcut ca aceste legături să devină mai comune, mai intense şi mult mai previzibile, în vreme ce telegraful a asigurat primul mijloc de comunicaţie aproape instantanee la nivel mondial. Combinaţia dintre motoarele Diesel, zborurile cu avionul şi comunicaţiile radio a ridicat la un nivel superior şi a accelerat aceşti facilitatori ai globalizării. Iar motoarele Diesel mari (în navigaţie), turbinele (în zboruri), containerele (care au permis transportul combinat, cu diverse mijloace succesive) şi microcipurile (care au permis mijloace de control fără precedent datorită volumului şi vitezei de manipulare a informaţiilor) au urcat globalizarea pe cea mai înaltă treaptă a evoluţiei sale.

Globalizarea propulsată de vânt

Încă de la început, limitele globalizării dependente exclusiv de puterea animală sunt stabilite cu uşurinţă. Muşchii oamenilor şi animalelor erau singurele forţe primare pe uscat, limitând greutatea bunurilor care puteau fi transportate de cărăuşi (maximum 40-50 de kilograme) sau de caravanele de animale (cai sau cămile, cu poveri de 100 –

150 de kilograme pe fiecare animal) şi limitând distanțele parcurse zilnic.17· Caravanele de pe Drumul Mătăsii (din Tanais de la Marea Neagră via Sarai la Beijing) aveau nevoie de un an pentru a ajunge la destinație, ceea ce implică o viteză medie de circa 25 de kilometri pe zi. Corăbiile din lemn cu pânze plecate în călătorii îndelungate erau departe de a fi numeroase şi aveau capacități mici, se deplasau lent, le lipseau mijloace precise de navigație şi de multe ori nu reuşeau să ajungă la destinație.

Înregistrări scrise detaliate ale transporturilor olandeze în Asia constituie dovezi ale acestor limite.18 Ele arată că durata medie a unei călătorii până la Batavia (Djakarta din zilele noastre) era de 238 de zile (8 luni) în secolul al XVII-lea, şi încă o lună de la Batavia la Dejima, micul avanpost olandez din portul Nagasaki. Iar viteza medie în secolul al XVIII-lea era chiar ceva mai mică, cu o durată a călătoriei de 245 de zile. Dată fiind distanța de 15 000 de mile nautice (27 780 de kilometri) dintre Amsterdam şi Batavia, aceasta presupune o viteză medie de 4,7 kilometri pe oră, echivalentul unui mers pe jos destul de lent! Această medie slabă este rezultatul unor viteze nu tocmai rezonabile când se navighează înaintea vântului (vântul bate direct din spatele ambarcațiunii), şi alte zile când navele îşi încetineau deplasarea în zonele de convergență intertropicală sau când direcția vânturilor predominante necesita manevre complicate de navigație – sau rămânerea pe loc în aşteptarea schimbării vântului.

În secolele XVII şi al XVIII, olandezii au construit doar 1 450 de corăbii noi pentru comerțul cu Asia (în medie, şapte pe an) cu capacități de numai 700 – 1 000 de tone. Erau suficiente pentru a face profit din transportul unor încărcături cu valoare mare, cum ar fi mirodeniile, ceaiul şi porțelanurile, dar complet neeconomice pentru orice mărfuri

cu volum mare (prețiosul cupru japonez fiind principala excepție). Şi în vreme ce navigația spre Batavia era limitată de disponibilitatea corăbiilor şi de riscurile legate de călătorie, navigația spre Japonia era restricționată de shogunatul Tokugawa la nu mai mult de 2 – 7 corăbii pe an şi la doar o sosire pe an în perioada anilor 1790. Şi mulțumită evidențelor detaliate ținute de Compania Olandeză a Indiilor de Est, ştim acum numărul oamenilor care s-au urcat la bordul celor peste 4 700 de corăbii plecate din Olanda spre Indiile de Est: aproape un milion de persoane au făcut această călătorie între 1595 şi 1795, dar asta înseamnă doar 5 000 pe an şi cam 15% dintre ei au murit înainte să ajungă în Ceylon sau Batavia.19

Chiar şi aşa, în cel de-al doilea secol al erei moderne timpurii (1500 – 1800), societățile aflate în fruntea acestui val al globalizării (încă modest, dar crescător) au fost influențate de aceste schimburi reciproce pe distanțe mari.20 Deloc surprinzător, date fiind nou dobânditele bogății şi contactul cu alte continente, viața elitei urbane din timpul Epocii de Aur a Republicii Olandeze (1608 – 1672) oferea poate cele mai bune exemplificări ale acestor beneficii noi. Pentru aceşti oameni, gama tot mai mare de posesiuni şi experiențe era semnul evident al câştigurilor obținute din comerț şi din schimburile materiale şi culturale şi mulți pictori celebri oferă o documentare fascinantă a acestei prosperități incipiente.

Lucrările realizate de Dirck Hals, Gerard ter Borch, Frans van Mieris, Jan Vermeer van Delft şi mulți alți maeştri mai puțin valoroşi reflectă aceste profituri noi transformate în pardoseli din gresie, ferestre din sticlă, mobilier bine construit, fețe de masă groase şi instrumente muzicale.21 Unii au afirmat că toate acestea n-ar trebui luate în seamă deoarece acest gen de picturi descriau o lume fantezistă care

n-a existat niciodată în realitate.22 Cu siguranță că exagerarea şi stilizarea erau prezente, dar, după cum ne lămureşte istoricul Jan de Vries, ceea ce el denumeşte „Noul Lux” (generat de societatea urbană) a fost real: nu prin strădania spre grandoare şi exces, ci demonstrat prin produsele de bună calitate meşteşugărească – de la mobilă la tapițerii, de la faianța de Delft la ustensilele din argint – inclusiv circa 3 milioane de picturi deținute de familiile olandeze în anii 1660.3

Şi au existat alte dovezi, mai directe, ale acestor schimburi reciproce: prezența africanilor în Amsterdam, popularitatea hărților, afacerea profitabilă de compilare şi publicare a atlaselor, consumul de zahăr şi fructe exotice, importul de mirodenii (colonizarea olandeză a Indiilor de Est a început în 1607 prin cucerirea oraşului Ternate, cel mai mare producător de cuişoare, urmată la scurt timp de ocuparea Insulelor Banda, unde se cultiva nucşoară), şi consumul de ceai şi cafea.24

Numai că aceste schimburi timpurii au avut un impact economic limitat, pentru că nu ajungeau niciodată dincolo de micile segmente ale populației care profitau de pe urma noilor întreprinderi. Ținuturile rurale au rămas la modurile tradiționale de trai. Aceasta a fost doar o globalizare incipientă, selectivă şi limitată, fără vreun efect substanțial la scara națiunii, ca să nu mai pomenim de consecințe cu adevărat globale. De exemplu, economistul Angus Maddison a estimat că în perioada 1698 – 1700 exporturile de mărfuri din Indiile de Est reprezentau doar 1,8% din produsul intern net şi că surplusul exporturilor indoneziene însemna doar 1,1% din produsul intern brut al olandezilor – iar după aproape un secol (1778 – 1780), aceste două cote parte continuau să reprezinte doar 1,7%.25

Motoarele cu abur şi telegraful

Primul salt cantitativ în procesul globalizării s-a produs numai prin combinația dintre o navigație mai sigură, puterea aburilor (rezultând în capacități şi viteze de transport mai mari) şi telegraf – primul mijloc de comunicații pe distanțe lungi (aproape) instantaneu. Prima a fost navigația, în 1765, odată cu al patrulea ceas marin de mare precizie, construit de John Harrison, un cronometru care a făcut posibilă determinarea cu precizie a longitudinii. Dar saltul în viteze şi capacități a trebuit să aştepte până când motoarele cu aburi au înlocuit pânzele în transportul intercontinental, când elicele au făcut ca zbaturile să devină perimate şi când navele cu carene din oțel au devenit dominante.26

Prima traversare transatlantică propulsată cu aburi a avut loc în 1838, dar corăbiile cu pânză au rămas competitive timp de încă patru decenii. Folosind vântul ca forță primară, costul de transport a unei unități de încărcătură pe unitatea de distanță cu ajutorul unei corăbii era în mare parte independent de lungimea voiajului. În schimb, cu cât mai lung era voiajul unei nave cu abur, cu atât mai mare era cantitatea de cărbune care trebuia încărcată la bordul navei pentru a alimenta motoarele relativ ineficiente, astfel că rămânea mai puțin spațiu pentru încărcătura utilă. Stațiile de realimentare au redus, fără să elimine, acest dezavantaj.27·

Coexistența îndelungată a pânzelor şi aburilor este bine documentată de tranziția germană. Până în 1873, corăbiile cu pânze au pierdut competiția pe rutele intra-europene, în

vreme ce pe rutele intercontinentale au păstrat avantajul până în 1880, dar l-au pierdut la scurt timp după aceea odată cu adoptarea unor motoare mai eficiente.28

La început, toate vasele cu abur care traversau Atlanticul erau propulsate cu zbaturi, dar propulsia cu elice a fost introdusă la nivel comercial în anii 1840; iar în 1877 Registrul Naval Lloyd a aprobat oțelul ca material de construcție asigurabil exact într-un moment când noile metode de producție au făcut metalul abundent şi ieftin (vezi capitolul 3). Carenele din oțel, elicele şi motoarele cu aburi de mari dimensiuni au făcut posibile şi sigure viteze de transport de 30 şi apoi de 40 km/h, în comparație cu media de 20 km/h pentru cele mai rapide clipere din anii 1850, iar transportul pe distanțe lungi a câştigat totodată noi piețe de desfacere odată cu exporturile de vite vii şi – începând din anii 1870 – carne refrigerată (transportată aproape exclusiv de transatlanticele de pasageri) şi unt din SUA, Australia şi Noua Zeelandă.29

Telegraful practic a fost dezvoltat la sfârşitul anilor 1830 şi începutul anilor 1840; primul cablu de legătură transatlantic (cu o durată de funcționare scurtă) a fost întins în 1858. Până la sfârşitul secolului, cablurile submarine au conectat între ele toate continentele.30 Pentru prima oară în istorie, operațiunile comerciale puteau să ia în considerare cunoaşterea cererii şi prețurilor din diferite părți ale lumii – iar disponibilitatea unei noi forțe primare putea translata aceste informații în schimburi internaționale profitabile. De exemplu, când prețul cărnii de vită din Iowa a scăzut sub cel al cărnii de vină britanice de calitate inferioară şi au devenit disponibile noile tehnici de refrigerare, exporturile de carne americană congelată au crescut rapid – la un nivel de peste patru ori mai mare la finele anilor 1870 şi începutul anilor 1900.

În timpul acestui val al globalizării propulsat de abur, rolul telefonului – un dispozitiv mult superior telegrafului pentru comunicare interpersonală directă – a rămas limitat.31 Patentarea sa şi prima demonstrație publică din 1876 au fost urmate de o răspândire lentă a serviciului mediat de centrale telefonice manuale. Numărul deținătorilor de telefoane din SUA a crescut de la sub 50 000 în 1880 la 1,35 milioane până în 1900 (un telefon la fiecare 56 de americani); distanțele pentru apelurile telefonice s-au extins treptat (un apel de la New York la Chicago a putut fi efectuat abia în 1892); primele apeluri transcontinentale la San Francisco (prin mai multe centrale telefonice) au avut loc în 1915; iar o convorbire de trei minute costa circa 20 de dolari, sau peste 500 de dolari la valoarea din 2020. Primul apel telefonic intercontinental – din SUA în UK – a avut loc abia în 1927 şi chiar serviciile interne monopolizate au rămas relativ scumpe în cursul următoarelor două generații.32

Dar progresele înregistrate în transportul intercontinental, combinate cu ritmul rapid de construire a căilor ferate de după 1840 – în toată Europa şi America de Nord, precum şi în India, alte regiuni din Asia şi America Latină – au creat primul val al globalizării la o scară cu adevărat mare. Volumul total al comerțului mondial s-a cvadruplat între 1870 şi 1913; cota parte a comerțului (exporturi şi importuri) în produsul economic mondial a crescut de la circa 5% în 1850 la 9% în 1870, şi la 14% în 1913; iar potrivit celor mai bune estimări pentru 13 țări (inclusiv Australia, Canada, Franța, Japonia, Mexic şi Marea Britanie), cota lor combinată a crescut de la 30% în 1870 la 50% cu puțin înainte de izbucnirea Primului Război Mondial.33

De asemenea, marile pacheboturi cu aburi au fost capabile să transporte pasageri la o scară fără precedent. În epoca navigației cu pânze, corăbiile pentru pasageri şi mesagerie transportau între 150 şi 700 de pasageri la comun; în primul deceniu al secolului XX, un pachebot cu aburi putea transporta peste 2 000 de pasageri.34 Călătoriile de plăcere, o formă de migrație temporară rezervată anterior claselor privilegiate, au luat avânt în multele lor manifestări cu trenurile şi navele propulsate cu abur. Cu Thomas Cook în postura de deschizător de drumuri în 1841, agențiile de voiaj au oferit excursii organizate, iar vacanțele în stațiuni balneoclimaterice şi la malul mării au devenit la modă într-o perioadă în care oamenii vizitau Baden-Baden, Karlsbad şi Vichy şi călătoreau la Trouville de pe coasta franceză a Atlanticului sau la Capri.

Unele dintre aceste voiaje erau transcontinentale. Familiile înstărite din Rusia plecau cu trenul din Moscova şi Sankt Petersburg până pe Riviera Franceză. Unii călători erau în căutare de provocări fizice (alpinismul devenise la modă), în vreme ce alții plecau în pelerinaje religioase (mai convenabile ca preț).35 Iar această nouă mobilitate a avut totodată şi o dimensiune politică distinctă, cu exilați care, călătorind cu trenurile şi navele – căutau refugiu în țările străine. Cei mai celebri dintre ei, aproape toți viitorii lideri bolşevici (Lenin, Lev Troțki, Nikolai Buharin, Grigori Zinoviev) şi-au petrecut mulți ani peste hotare, în Europa şi SUA.36

Iar eu cred că este destul de rezonabil să susțin că globalizarea impulsionată de motoarele cu abur a contribuit şi la crearea unui gen nou de sensibilitate literară, având-l ca maestru pe Joseph Conrad (Jozef Korzeniowski). Protagoniştii celor mai cunoscute trei romane ale sale se găsesc departe de casele lor datorită comerțului şi

călătoriilor în masă caracteristice epocii (Nostromo în America de Sud, Jim în Asia, Marlow în Africa), iar viețile şi nenorocirile lor sunt legate de vapoare: Nostromo, în nuvela eponimă, este cunoscut drept Capataz de Cargadores (Docher Şef); viața lui Jim ia o turnură tragică atunci când ajută la transportarea unor pelerini musulmani din Asia la Mecca în romanul Lord Jim; iar transformarea lui Marlow din Inima întunericului nu ar fi putut avea loc fără mărfurile occidentale aduse în bazinul Congo.

Primele motoare diesel, zborurile şi radioul

Următorul progres fundamental în materie de forțe primare care au crescut capacitatea transporturilor pe distanțe lungi a fost înlocuirea motoarelor cu abur cu motoarele diesel – maşini cu un randament superior şi performanțe fiabile.37· Două evenimente concurente care au impulsionat şi mai mult globalizarea au fost inventarea avioanelor propulsate de motoare cu piston pe benzină şi comunicațiile radio. Primele zboruri scurte – efectuate de frații Wright – au avut loc spre sfârşitul anului 1903; sute de avioane de luptă au zburat în Primul Război Mondial; iar prima companie aeriană, KLM din Olanda, a fost înființată în 1921.38 Primul semnal radio transatlantic a sosit în decembrie 1901; armata franceză a folosit primele transmițătoare portabile pentru comunicațiile sol-aer în 1916; şi primele stații de radio comerciale au început să emită la începutul anilor 1920.39

Rudolf Diesel a început să proiecteze un motor primar nou, mai eficient, iar în 1897 primul său motor (greu şi staționar)

a atins un randament de 30%, dublul performanțelor obținute de cele mai bune motoare cu abur.40 Dar primul motor cu utilizare marină a fost instalat abia în 1912 pe cargobotul danez Christian X. Navele propulsate cu motorină transportau mult mai puțin combustibil decât navele cu abur ce foloseau cărbunele, dar puteau parcurge distanțe mai lungi fără realimentare deoarece noile motoare erau de aproape două ori mai eficiente – şi pentru că, raportat la unitatea de masă, motorina conține de aproape două ori mai multă energie. Un inginer american care a văzut primul vas propulsat cu motorină după călătoria ei inaugurală la New York în 1912 a conchis: „Istoria maritimă este scrisă de apariția motorului Diesel”.41

Prin anii 1930, când motoarele Diesel cucereau piața transporturilor, industria aviatică, aflată într-un proces de maturizare rapid, a început să producă primele avioane capabile de zboruri profitabile pe distanțe lungi. În 1936, au apărut primele livrări de Douglas DC-3, un aparat de zbor bimotor capabil să transporte până la 32 de pasageri doar cu o idee mai rapid decât viteza de aterizare a avioanelor cu reacție moderne.42 Trei ani mai târziu a apărut Boeing 314 Clipper, o aeronavă pentru distanțe lungi care putea parcurge fără realimentare nu mai puțin de 5 633 de kilometri – tot insuficient pentru traversarea Pacificului, dar mai mult decât suficient pentru a ajunge în Honolulu din San Francisco, înainte de a continua traseul spre Midway. Wake, Guam şi Manilla pentru a ajunge în Asia.

Clipper putea să asigure tot confortul fizic pentru cei 74 de pasageri – inclusiv o cabină de lux, o sală de mese, o garderobă şi scaune care se transformau în paturi de campanie –, dar nu exista nicio modalitate de eliminare a zgomotului şi vibrațiilor provocate de motoarele cu piston, iar cea mai înaltă altitudine de croazieră (5,9 kilometri)

continua să fie prea joasă pentru a-l ridica deasupra celor mai turbulente straturi atmosferice. Cu trei opriri, a avut nevoie de 15 ore şi jumătate ca să ajungă de la New York la Los Angeles, iar prima legătură între Londra şi Singapore în 1934 a durat opt zile cu 22 de halte, printre care Atena, Cairo, Bagdad, Basra, Sharjah, Jodhpur, Calcutta şi Rangoon.43 Dar, cu toată durata sa mare, tot a fost o îmbunătăţire considerabilă faţă de cele aproximativ 30 de zile necesare pentru a călători cu vaporul din Southampton prin Canalul de Suez.

Radioul a avut o importanţă critică pentru o navigaţie marină şi aeriană mai bună şi, în comparaţie cu telegraful, a fost totodată şi un instrument superior pentru răspândirea la nivel de mase a informaţiilor instantanee. Comunicaţiile radio au fost instalate prima oară pe pacheboturile transatlantice. Astfel, datorită mesajului de S.O.S. trimis de pe Titanic – „CQD Titanic 41,44 N 50,24 W" – , în 15 aprilie 1912, ora 12:15, 700 de oameni în bărci de salvare au putut fi salvaţi de nava Carpathian44. Navigaţia radio a făcut mari progrese în anii 1930, odată cu introducerea staţiilor de direcţionare: avioanele aflate pe cursul spre un aeroport auzeau un ton audio continuu; cele care se abăteau de la curs auzeau codul Morse pentru litera N (— •) dacă deviau la stânga cursului şi codul pentru litera A (• —) dacă deviau la dreapta faţă de acesta.45

Transmisiunile fără fir nu necesitau cabluri submarine scumpe şi puteau acoperi o arie largă, asigurând acces universal (oricine avea un receptor simplu putea să asculte). Deloc surprinzător, adoptarea receptoarelor radio a fost rapidă. Într-un deceniu de la apariţia lor, 60% dintre familiile americane le aveau – o rată de achiziţie aproape la fel de rapidă ca aceea a televizoarelor alb-negru (care şi ele au fost introduse în anii 1920) după al Doilea Război

Mondial, şi o rată mai mare decât răspândirea ulterioară a televizoarelor color, care în SUA a demarat rapid la începutul anilor 1960.46

Motoarele diesel marine şi motoarele cu piston pentru aviație au rămas facilitatorii tehnici ai globalizării în cele două decenii dintre războaie, iar răspândirea lor la scară de masă şi-a adus contribuția decisivă la rezultatul celui de-al Doilea Război Mondial. Până la încheierea conflictului, Statele Unite au construit aproape 196 000 de avioane, în comparație cu circa 112 000 în Germania şi 68 000 în Japonia.47· În 1945, Statele Unite au apărut ca putere mondială dominantă, iar refacerea economică a Europei Occidentale a fost rapidă. Ajutate de investițiile americane (Planul Marshall din 1948), toate țările din regiune şi-au depăşit până în 1949 nivelul producției industriale de dinaintea războiului (1934 – 1938, în vreme ce refacerea Japoniei a fost accelerată de contribuția industriilor din acea țară la Războiul din Coreea.48

Astfel, s-a pregătit terenul pentru o perioadă de dezvoltare şi integrare fără precedent, precum şi pentru interacțiuni sociale şi culturale extinse. Economiile comuniste, în frunte cu URSS şi China, au fost excepțiile notabile. Cu toate că raportau rate impresionante ale creşterii economice, erau în mare măsură autarhice şi funcționau cu foarte puțin comerț exterior în afara blocului lor (iar cetățenilor lor le era interzis să călătorească peste hotare).

Motoare diesel mari, turbine, containere şi microcipuri

Această perioadă distinctă şi intensivă, dar încă departe de a fi universală, a globalizării de după 1950 – care s-a încheiat în 1973 – 1974 cu cele două runde de creşteri ale prețului petrolului impuse de OPEC, urmate de 15 ani de stagnare – a fost facilitată de o combinație a patru aspecte fundamentale ale progresului tehnic. Aici putem aminti adoptarea rapidă a unor motoare diesel mai puternice şi mai eficiente; introducerea (şi chiar răspândirea rapidă) a unei noi forțe primare, turbina de gaz folosită în propulsia avioanelor cu reacție, proiecte superioare pentru transportul naval intercontinental (transportoare cu volum foarte mare pentru lichide şi solide, precum şi containerizarea celorlalte mărfuri); şi salturile considerabile în domeniul computerelor şi al prelucrării informațiilor.

Aceste progrese au luat avânt odată cu primele computere electronice – care foloseau tuburi de vid nesigure şi voluminoase şi au fost construite în timpul şi imediat după cel de-al Doilea Război Mondial –, iar progresul lor a fost revoluționat de patentarea (1947 – 1949) şi comercializarea (începând din 1954) primelor tranzistoare, dispozitive care rămân fundamentul electronicii stării solide din perioada modernă. Următorul pas (sfârşitul anilor 1950 – începutul anilor 1960) l-a reprezentat plasarea unui număr din ce în ce mai mare de tranzistori pe un microcip pentru crearea circuitelor integrate, iar în 1971, compania Intel a lansat primul microprocesor din lume, denumit 4004. Acesta conținea 2 300 de tranzistori, formând o unitate centrală completă de procesare pentru utilizare generală, fiind potrivită pentru numeroase aplicații programabile.

Şi, în pofida percepției recente privind natura transformatoare a capacităților tehnice utilizate de la începutul secolului XXI (în special progresele în domeniile inteligenței artificiale şi biologiei sintetice), lumea noastră

rămâne în continuare îndatorată realizărilor esențiale de dinainte de 1973. Mai mult, întrucât nu există alternative disponibile imediat care să poată fi întrebuințate pentru aceleaşi sarcini la scări la fel de mari, vom continua să ne bazăm pe aceste tehnici – fie că e vorba de motoare diesel gigantice pentru transporturile oceanice, navele-container şi avioanele cu reacție cu capacitate mare, sau de microprocesoare – şi în deceniile care urmează. Şi totodată acesta este motivul pentru care aceste tehnici merită să fie examinate mai îndeaproape.

Scara expansiunii economice globale între 1950 şi 1973 este ilustrată cel mai bine prin creşterile înregistrate în producerea celor patru piloni materiali ai civilizației moderne (pentru evaluarea acestora, vezi capitolul 3) şi de cererea de energie tot mai mare pe plan mondial (vezi capitolul 1).49 Producția de oțel aproape s-a cvadruplat (de la circa 190 la 698 megatone pe an), producția de ciment a crescut de aproape şase ori (de la 133 la 770 megatone), sinteza amoniacului a sporit de aproape opt ori (de la mai puțin de 5 la 37 megatone de azot) iar producția de plastic a fost de peste 26 de ori mai mare (de la mai puțin de 2 megatone la 45). Producția de energie primară aproape s-a triplat, iar consumul de țiței a crescut de aproape şase ori, în condițiile în care lumea a devenit tot mai dependentă de petrolul din Orientul Mijlociu. Prin urmare, nu există niciun dubiu cu privire la care tehnică a jucat rolul cel mai important în facilitarea transportului la scară de masă în economia globală: fără motoarele diesel, comerțul intercontinental de mărfuri angro – de le cereale la țiței – ar fi fost doar o fracție mică din transporturile recente.

După cel de-al Doilea Război Mondial, tancurile petroliere au fost primele vase a căror capacitate a sporit când creşterea economică rapidă a Europei Occidentale şi

Japoniei a coincis cu disponibilitatea nou-descoperitelor câmpuri petroliere gigantice din Orientul Mijlociu (Ghawar, din Arabia Saudită, cel mai mare din lume, a fost descoperit în 1948 şi a început să producă în 1951), iar exporturile acestui combustibil ieftin (până în 1971 s-a vândut cu mai puțin de 2 dolari pe baril) necesitau vase cu capacitate de transport tot mai mare. De regulă, înainte de 1950, tancurile petroliere aveau o capacitate de numai 16 000 de tone deadweight (în principal, încărcătura navei, dar şi combustibilul, balastul, proviziile şi echipajul). Primul petrolier de peste 50 000 de tone deadweight a fost lansat în 1956, iar prin anii 1960 şantierele navale din Japonia au început să lanseze la apă transportoare foarte mari de țiței (VLCC[6]) cu capacități cuprinse între 180 000 şi 320 000 de tone deadweight. Dincolo de aceasta, au apărut transportoarele ultra-mari de țiței (ULCC[7]) şi, în anii 1970, au fost lansate şapte nave de peste 500 000 de tone deadweight, prea mari pentru a permite rute flexibile, deoarece puteau să acosteze doar în porturile cele mai adânci.50 Această flotă tot mai numeroasă a făcut posibil să se crească transporturile de petrol din Orientul Mijlociu de la mai puțin de 50 de megatone în 1950 la 850 megatone până în 1972.51

Chiar în perioada în care exporturile de țiței creşteau vertiginos la sfârşitul anilor 1950 şi începutul anilor 1960, nu exista nicio modalitate de transport pentru gazul natural, un combustibil mai curat decât cărbunele sau combustibilii rafinați din petrol şi totodată foarte potrivit

[6] Abreviere de la denumirea în engleză very large crude carriers. (N.t.)

[7] Abreviere de la denumirea în engleză ultra large crude carriers. (N.t.)

atât pentru utilizări industriale şi casnice, dar şi pentru generarea extrem de eficientă a electricităţii.

Transporturile intercontinentale de gaz natural au devenit posibile odată cu apariţia primelor tancuri de gaz natural lichefiat (LNG[8]) (care transportau combustibilul în containere izolate la temperatura de –162°C), care au adus exporturi din Algeria în Marea Britanie începând din 1964 şi din Alaska în Japonia în 1969.52 Dar, vreme de decenii, navele erau de capacitate scăzută şi piaţa era limitată la contracte pe termen lung, cu un număr mic de cumpărători.

Comerţul intercontinental în creştere necesita noi modalităţi de transport specializat. Navele de transport angro, cu compartimente mari şi trape masive de etanşeizare la apă au fost proiectate pentru transporturile de cărbune, cereale, minereuri, ciment şi îngrăşăminte şi puteau fi încărcate şi descărcate rapid. Dar cea mai mare inovaţie în transportul naval a apărut în 1957, când un camionagiu din Carolina de Nord, Malcolm McLean, şi-a pus în sfârşit în practică ideea pe care o avusese înainte de al Doilea Război Mondial – să transporte marfa în cutii din oţel de dimensiuni uniforme, pe care macaralele uriaşe din porturi le puteau încărca uşor, după care le descărcau direct pe platformele camioanelor sau trenurilor în aşteptare sau le depozitau temporar pentru distribuire ulterioară – în realitate comercială.

În octombrie 1957, Gateway City, un cargobot a cărui cală a fost împărţită în compartimente celulare pentru depozitarea a 226 de containere stivuite, a devenit prima navă-container adevărată din lume, iar compania Sea-Land a lui McLean a

---

[8] Abreviere de la denumirea în engleză liquefied natural gas. (N.t.)

început un serviciu regulat de expediere a containerelor în Europa (Newark-Rotterdam) în aprilie 1966 şi în Japonia în 1968.53 Noi nave erau de asemenea necesare pentru extinderea exporturilor intercontinentale de automobile. Piața americană s-a deschis mai întâi pentru „broscuța" Vokswagen (prima maşină importată deja în 1949) şi apoi pentru maşinile japoneze de capacitate mică (Toyopet începând din 1958, Honda N600 din 1969 şi Honda Civic din 1973), iar noile nave pentru containere cu rotile (majoritatea cu rampe de încărcare retractabile încorporate) au fost proiectate pentru satisfacerea acestor nevoi. După ani de adopție lentă, vânzările companiei VW au atins în 1970 un vârf de 570 000 de unități, iar maşinile japoneze au continuat să câştige cote parte din piața americană în cursul deceniilor următoare.54

Din fericire, nu au fost probleme legate de satisfacerea nevoilor de propulsie ale acestor noi nave de capacitate mare. Dimensiunile de dinaintea celui de-al Doilea Război Mondial ale celor mai mari motoare diesel au crescut de peste două ori până la sfârşitul anilor 1950 – la peste 10 megawați – în vreme ce randamentele lor se apropiau de 50%.55 În consecință, puterea maximă a acestor motoare masive multicilindrice a crescut până la 35 de megawați spre sfârşitul anilor 1960 şi la peste 40 de megawați până în 1973. Orice motor diesel cu capacitate nominală de peste 30 de megawați poate propulsa cele mai mari ULCC-uri, astfel că dimensiunile acestor nave n-au fost niciodată limitate de disponibilitatea unor motoare adecvate.

Încercarea de realizare a unei turbine de gaz practice, o forță primară radical nouă, în care combustibilul este pulverizat într-un flux de aer comprimat cu scopul de a genera un gaz de temperatură ridicate care îşi măreşte volumul şi iese din motor cu viteză ridicată a avut drept rezultat prima turbină

staționară (pentru generarea de electricitate) în 1938, exact în momentul în care apăreau primele proiecte practice de motoare cu reacție – independent şi aproape în acelaşi timp – în Anglia şi Germania de dinaintea războiului.56 Frank Whittle şi Hans von Ohain au fost primii ingineri care au testat turbine care să fie îndeajuns de eficiente şi de sigure pentru a propulsa avioanele militare. Astfel de aparate de zbor cu reacție au fost folosite în număr mic spre sfârşitul anului 1944, prea târziu pentru a avea vreun efect asupra cursului predeterminat al războiului, dar după ce acesta s-a încheiat, industria britanică şi-a valorificat avantajul şi în 1949 Comet a devenit primul avion de linie comercial din lume, propulsat de patru motoare turboreactoare Havilland Ghost.57

Din nefericire, până în 1954, un şir de accidente fatale (fără nicio legătură cu motoarele) au forțat retragerea avionului din funcțiune, iar când un aparat Comet reproiectat a revenit în 1958, a fost rapid eclipsat de Boeing 707, primul proiect dintr-o familie de avioane de linie care continua să se extindă.58 Al doilea din serie a fost trimotorul Boeing 727, iar în 1967 a apărut Boeing 737, cel mai mic aparat din serie. În 1966, William Allen, preşedintele companiei, a luat o decizie îndrăzneață, investind mai mult decât dublul valorii companiei, pariind în esență, viitorul acesteia pe succesul proiectului – pentru a dezvolta primul avion de linie cu fuzelaj larg (aşa-numitul jumbo jet).

Lumea se aştepta ca avioanele cu reacție supersonice să cucerească rutele intercontinentale – dezvoltarea proiectului franco-britanic Concorde a început în 1964 – dar zborurile supersonice au rămas limitate costisitorului şi zgomotosului Concorde, astfel că Boeing 747 a devenit cel mai revoluționar proiect de avion din istorie.59 De fapt, avionul a fost conceput pentru transportul de mărfuri: carena sa

lată permitea ca două containere standard să fie aşezate unul lângă celălalt, iar cockpitul amplasat în partea de sus făcea posibilă rabatarea botului pentru încărcare frontală. Prototipul a decolat la mai puțin de trei ani după prima comandă a companiei aeriene Pan Am pentru 25 de aparate 747, iar primul zbor comercial a plecat din New York cu destinația Londra pe 21 ianuarie 1970.

Dimensiunile avionului (o greutate maximă la decolare de 333 tone) au fost făcute posibile prin folosirea a patru motoare turboventilatoare Pratt & Whitney.60 Spre deosebire de motoarele turboreactoare, la care tot aerul comprimat trece prin camera de combustie, la turboventilatoare mase mai mari de aer mai puțin comprimat şi, prin urmare, cu o deplasare mai lentă, trec pe lângă arzător şi contribuie la generarea unui impuls mai mare în timpul decolării (şi cu mai puțin zgomot). Motoarele de pe aparatele 707 aveau o rată de bypass de 1:1, iar pe 747 rata era de 4,8:1, cantitatea de aer care trece prin turbină fiind de aproape cinci ori mai mare.

Livrările totale de aparate 747 au însumat 1 548 de avioane în jumătate de secol de producție, iar Boeing estimează că în cele cinci decenii avioanele au transportat 5,9 miliarde de oameni, echivalentul a circa 75% din populația mondială.61 Designul revoluționar al avionului a schimbat călătoriile intercontinentale, avioanele cu fuzelaj larg transportând sute de milioane de pasageri spre un număr tot mai mare de destinații, cu costuri din ce în ce mai mici şi în condiții de siguranță crescută.

Integrarea economiei globale a fost strâns legată de apariția avioanelor de linie cu fuzelaj larg – respectiv aparatele Boeing 747 şi emulatoarele lor de mai târziu, avioanele Airbus A340 şi A380. Serviciile oferite de acestea au fost

deosebit de importante pentru exportatorii asiatici, care le folosesc pentru livrarea imediată a multor articole foarte căutate sau de sezon (ultimele mărci de telefoane mobile, cadourile de Crăciun) pe pieţele din America de Nord şi Europa. Iar avioanele cu fuzelaj larg au înlesnit turismul de masă spre destinaţii rar vizitate anterior (în Bali, Tenerife, Nairobi şi Tahiti s-au construit piste suficient de lungi pentru avioanele 747), imigrările intercontinentale şi schimburile educaţionale.

Bineînţeles, progresele la nivelul globalizării au fost strâns legate nu doar de creşterea capacităţii şi a performanţelor acestor forţe primare puternice, ci şi de necontenita miniaturizare a componentelor necesare tehnologiei IT, procesării informaţiilor şi comunicaţiilor. Dezvoltarea radioului şi mai târziu a televiziunii, precum şi primele computere electronice, depindea de utilizarea unei varietăţi de tuburi vidate, începând cu diodele şi triodele din primul deceniu al secolului XX. Patru decenii mai târziu, aceste ansambluri de sticlă fierbinte au devenit un factor limitator pentru dezvoltarea calculatoarelor electronice.

ENIAC, primul computer digital electronic de uz general, avea 17 648 de tuburi vidate, un volum de circa 80 de metri cubi (suprafaţa ocupată de aproximativ două terenuri de badminton), împreună cu sursa de alimentare şi sistemul de răcire cântărea cam 30 de tone, iar întreruperile frecvente din funcţionare erau cauzate de defectările repetate ale tuburilor, care necesitau operaţii aproape neîncetate de întreţinere şi înlocuire.62 Primele tranzistoare practice – dispozitive de stare solidă care efectuau aceleaşi funcţii ca şi dispozitivele încapsulate în sticlă – au devenit disponibile comercial la începutul anilor 1950, iar înainte de sfârşitul deceniului, ideile mai multor inventatori americani (Robert Noyce, Jack Kilby, Jean Hoerni, Kurt Lehovec şi Mohamed

Atalla) au condus la producerea primelor circuite integrate, cu componente active (tranzistori) şi pasive (condensatoare şi rezistențe) construite şi interconectate pe un strat subțire de siliciu (un material semiconductor). Aceste circuite pot efectua orice funcții de calcul specificate, iar primele lor utilizări practice au fost în construirea rachetelor şi explorarea spațială.63

Următorul pas esențial l-a făcut Intel în 1969, când a început să proiecteze primul microprocesor din lume, care includea peste 2 000 de tranzistori pe o singură plăcuță de siliciu, cu scopul de a efectua un set complet de funcții prescrise. În cazul modelului de pionierat de la Intel, 4044, acesta urma să asigure funcționarea unui mic calculator electronic japonez.64 Modelul 4044 a stat la baza dominației de decenii a companiei Intel în proiectarea microcipurilor, care a determinat apariția primelor computere personale (computerele tip desktop, relative scumpe, lente şi grele de la sfârşitul anilor 1970 şi începutul anilor 1980) şi a aparaturii electronice portabile, de la telefoanele mobile (primele modele scumpe de la finele anilor 1980) la laptopuri, tablete şi telefoane inteligente.

Perioada dintre 1950 şi 1973 a fost marcată de o creştere economică rapidă în aproape toate părțile lumii: rata medie anuală a acesteia şi creşterea pe cap de locuitor au fost de aproape 2,5 ori mai mari decât fuseseră în timpul valului precedent al globalizării (1850 – 1913), iar valoarea mărfurilor exportate în produsul economic mondial a crescut de la un minimum situat cu puțin peste 4% în 1945 la 9,6% în 1950 şi la circa 14% în 1974, egalând cota parte din 1913, dar la un volum comercial de aproape zece ori mai mare.65 Creşterea economică a fost aproape universală (Marea Foamete din China anilor 1958 – 1961 a fost excepția cea mai semnificativă), dar beneficiile acestei epoci

de aur a expansiunii economice – revenirea postbelică, în care ratele mari ale creşterii au contribuit la diminuarea inegalităţii economice – au fost concentrate în mod disproporţionat în Vest. În anul 1973, America de Nord şi ţările Europei Occidentale deţineau 60% din exporturile la nivel mondial.66 Pe măsură ce principalele economii vest-europene (Germania, Marea Britanie, Franţa) şi Japonia deveneau comercianţii cei mai dinamici ai epocii, în mod inevitabil cota parte a Americii din comerţul mondial s-a erodat treptat.

În vreme ce comerţul se extindea şi consumatorii din ţările vestice se bucurau de acces mai însemnat la o mai mare varietate de importuri, turismul internaţional – fie de business, fie de plăcere – a rămas relativ limitat, la fel ca migraţia internaţională şi numărul de oameni care studiau sau munceau temporar peste hotare. Germanii nu zburau spre Thailanda sau Hawaii; se duceau cu maşinile la plajele italiene. Proporţia de imigranţi din populaţia SUA, care a atinsese un vârf de aproape 15% chiar înainte de Primul Război Mondial, a atins un nou minimum de sub 5% în 1970.67· Iar sugestia potrivit căreia China, izolată de restul lumii ca urmare a convulsiilor de sorginte maoistă, va trimite mase de studenţi la universităţile americane trebuie să fi fost văzută ca nimic altceva decât o ficţiune improbabilă.

Şi deodată (din motivele explicate în primul capitol, în care am vorbit despre dependenţa civilizaţiei moderne de ţiţei) a părut că perioada postbelică de globalizare limitată dar intensă s-a încheiat. Influenţate de OPEC, creşterile de preţ ale ţiţeiului au făcut ca globalizarea să se clatine, să se diminueze şi să dea înapoi, dar această retragere nu a afectat toate sectoarele economice – şi în doar câţiva ani, o combinaţie de ajustări eficiente au pus bazele unei noi

runde a globalizării care, datorită noilor alinieri politice, a progresat mai mult decât în oricare dintre valurile anterioare.

Intră în scenă China, Rusia şi India

De data aceasta, expansiunea – facilitată, ca întotdeauna, de factori tehnici – a ajuns atât de departe deoarece, pentru prima oară în istoria modernă, a putut să meargă atât de departe. Spre sfârşitul anilor 1960, posibilităţile tehnice erau pregătite pentru o integrare globală fără precedent: rezervele de energie erau abundente, banii pentru investiţii nu lipseau, ca de altfel tot ceea ce era necesar pentru a extinde procesul de globalizare la naţiunile care nu au luat parte la prima rundă postbelică. Acest lucru a început, în sfârşit, când mijloacele tehnice şi financiare au fost amplificate în mod decisiv şi potenţate de schimbări politice fundamentale, pe măsură ce China, Rusia şi India au devenit participanţi importanţi pe plan mondial la dezvoltarea comerţului, a finanţelor, a călătoriilor şi a fluxului de talente.

Deschiderea graduală a Chinei a început în 1972 cu vizita la Beijing a lui Richard Nixon, a luat o turnură decisivă la sfârşitul lui 1978 (la doi ani după moartea lui Mao Zedong), odată cu ascensiunea lui Deng Xiaoping şi lansarea mult întârziatelor reforme economice (privatizarea de facto a agriculturii, modernizarea industriei şi revenirea parţială la întreprinderea privată) şi s-a accelerat după ce China s-a alăturat Organizaţiei Mondiale a Comerţului (WTO[9]) în 2001.

---

[9] Iniţialele de la denumirea în engleză: World Trade Organization. (N.t.)

În 1972, comerțul Chinei cu SUA era inexistent; 1984 a fost ultimul an în care SUA au avut un surplus în comerțul de mărfuri cu Beijingul; în 2009, China a devenit cel mai mare exportator de mărfuri din lume; iar în 2018 exporturile sale reprezentau peste 12% din toate vânzările la nivel mondial, iar excedentul comercial în comerțul cu SUA a atins aproape 420 de miliarde de dolari, înainte de a scădea cu circa 18% în 2019, ca urmare a tensiunilor crescânde dintre cele două superputeri economice.68 Dar este prea devreme să prognozăm vreo descreştere pe termen lung a comerțului sau o revenire la o integrare economică şi mai strânsă.

După deceniile Războiului Rece, URSS a început să se destrame spre sfârşitul anilor 1980. Mai întâi s-au desprins statele ei satelit (căderea Zidului Berlinului pe 9 noiembrie 1989), iar statul sovietic s-a dizolvat oficial pe 26 decembrie 1991.69 Pentru prima oară în istorie, a devenit posibil ca toate economiile importante să devină deschise (în grade încă diferite, dar în aproape toate cazurile fără precedent) față de investițiile străine, intensificând comerțul internațional, iar populațiile cărora până atunci li se interzisese să călătorească liber peste hotare s-au alăturat turismului de masă şi au profitat de noile oportunități pentru a emigra, a lucra temporar şi a studia în străinătate. Expansiunea comerțului a avut loc în cadrul global convenit, furnizat de WTO.7·0

India, cu politica ei electorală şi multietnică dezordonată, nu a reuşit să copieze ascensiunea Chinei de după 1990, impulsionată de conducerea necontestată a partidului unic, dar statistica privind creşterea PIB-ului pe cap de locuitor în primele două decenii ale secolului al XXI-lea arată o îndepărtare clară față de deceniile precedente de performanțe slabe. Între 1970 şi 1990, PIB-ul pe cap de locuitor al țării (în bani ajustați la inflație) a scăzut de fapt

în şase ani separaţi şi a rămas sub 4% timp de patru ani, în vreme ce între 2000 şi 2019 s-a înregistrat o creştere anuală de peste 4% în 18 dintre aceşti ani.7·1 Mai mult, începând din 2008, creşterea anuală a exportului de mărfuri a fost, la 5,3%, doar cu puţin sub cele 5,7 procente ale Chinei, iar impactul inginerilor de software ai Indiei în Silicon Valley (unde a fost cel mai important contingent de imigranţi specializaţi din industrie) a fost cu mult deasupra contribuţiilor chinezilor.7·2

Ascensiunea Indiei a coincis cu marginalizarea Partidului Congresului, care a condus ţara vreme de decenii după ce şi-a dobândit independenţa în 1947, în vreme ce atât Rusia, cât şi China au păstrat multe atribute ale economiei centralizate şi controlului social. Spre deosebire de noua Rusie naţionalistă, Partidul Comunist rămâne ferm la conducere în China, dar ambele ţări au permis (cu excepţii notabile de represiune) libertatea de a călători, ceea ce a condus la noi valuri de turişti – destinaţiile preferate fiind ţările mediteraneene pentru ruşi; Thailanda, Japonia şi Europa pentru chinezi – şi s-a produs un aflux fără precedent de studenţi chinezi, indieni şi sud-coreeni în Vest, mai ales în SUA.

Cota parte a comerţului internaţional din produsul economic mondial a crescut de la circa 30% în 1973 la aproape 61% în 2008, în vreme ce volumul total al comerţului (în bani ajustaţi la inflaţie) a crescut de aproape şase ori, cea mai mare parte a creşterii având loc începând cu 1999.7·3

Criza financiară din 2008 – 2009 a redus volumul total cu o zecime şi cota parte a comerţului din produsul economic cu circa 15% în 2009, dar până în 2018 comerţul general a fost cu 35% peste vârful din 2008 şi cota parte a comerţului din

produsul economic mondial a revenit la peste 59% – iar cifrele s-au schimbat puțin în 2019. Investițiile străine directe (măsurate ca ieşiri nete pe an) sunt un alt marker evident al globalizării. În 1973, totalul la nivel mondial a fost de mai puțin de 30 de miliarde de dolari (circa 0,7% din produsul economic global); două decenii mai târziu a crescut la 256 de miliarde de dolari; dar până în 2007 a crescut amețitor la 3,12 bilioane de dolari (aproape 5,5% din produsul economic global), o creştere de 12 ori în doar 14 ani, cu Asia (şi în special China) ca principală destinație.7·4

O echipă din Rusia a măsurat progresul globalizării de după anul 2000 prin combinarea tuturor markerilor esențiali – mai exact, analizând schimbările din comerțul de mărfuri, comerțul de servicii şi acțiunile acumulate ale investițiilor străine bilaterale directe (deosebit de importante pentru China) şi de asemenea migranții (inexistenți în China, dar importanți pentru economia americană).7·5 Deloc surprinzător, rezultatele arată cele mai mari creşteri pentru Rusia izolată anterior, alte foste economii comuniste din Europa, China şi de asemenea pentru India, unele țări africane şi Brazilia. Mai mult, ca rezultat al acestor schimbări, în 2017 gradul de conectare globală al Chinei a fost la fel de mare ca acela al Japoniei; al Rusiei rivaliza cu al Suediei; iar India putea fi comparată cu Singapore. Dacă oricare dintre aceste perechi vi se pare îndoielnică, gândiți-vă doar la locul Chinei drept cel mai mare producător de mărfuri de larg consum din lume, la exporturile enorme de energie şi minerale ale Rusiei şi la contingentul (deja amintit) de ingineri de software indieni din Silicon Valley.

Multiplii globalizării

Poate că cea mai bună cale de a aprecia progresele tehnice care au făcut posibilă această globalizare fără precedent este să le exprimăm progresul ca multipli ai capacităților, ai tipurilor de productivitate, randamentelor sau performanțelor. După cum am explicat deja, fundamentele tehnice ale acestei amețitoare runde de globalizare au fost stabilite înainte de 1973, dar extinderea şi intensitatea sa de atunci au impus investiții enorme în forțele primare (motoarele cu combustie şi motoarele electrice în transporturi) şi în infrastructurile esențiale (porturi, aeroporturi, transporturi folosind containere). În consecință, nu doar că avem mai multe din acestea, dar capacitățile lor medii (în termeni de putere, volum, rată de transfer) au devenit mai mari, în vreme ce randamentele tipice şi siguranța în funcționare au devenit mai bune. Aşadar, să examinăm progresele care au avut loc în transporturi, aviație, navigație, informatică şi comunicații de la începutul anilor 1970.

Globalizarea de după 1973 a făcut să crească de peste trei ori masa comerțului maritim şi a adus schimbări importante în compoziția acestuia.7·6 Dacă în 1973, traficul cu nave-tanc (dominat de țiței şi produse petroliere rafinate) reprezenta peste jumătate din totalul transportat, în 2018, mărfurile reprezentau circa 70%, o schimbare care reflectă nu doar ridicarea Asiei – şi, mai presus de toate, a Chinei – la rangul de principală sursă mondială de bunuri de consum, ci şi creşterea generală în integrare şi interdependență: producătorii germani de maşini asamblează vehicule în Alabama, chimicale produse în Texas (profitând de boomul din extracția de gaze naturale) au furnizat materie primă pentru industriile din UE, fructele din Chile sunt exportate în patru continente, iar cămilele din Somalia sunt expediate în Arabia Saudită.

Această triplare a masei transportate între 1973 şi 2019 a necesitat (la o măsurare în tone deadweight) o creştere de aproape patru ori a capacității flotei comerciale la nivel mondial. Tonajul deadweight al petrolierelor a crescut de puțin peste trei ori, tonajul navelor-container a crescut de circa 4,5 ori, iar dimensiunea flotei mondiale de containere s-a extins aproximativ de 10 ori în 45 de ani, la 5 152 de nave în 2019. Această creştere de nivelul ordinelor de mărime a fost însoțită de un transfer masiv al comerțului cu containere în China. În 1975, China nu avea deloc un trafic de containere, iar porturile americane şi japoneze reprezentau aproape jumătate din activitatea mondială; în 2018, China (inclusiv Hong Kong) deținea o cotă parte de 32%, în vreme ce cota parte combinată a SUA şi Japoniei era sub 10%.

Cât despre dimensiunile maxime ale navelor, în 1972 şi 1973, Malcolm McLean a lansat cele mai mari nave-container ale sale, fiecare cu o capacitate de 1 968 de containere din oțel standard (de aproape cinci ori mai mari decât primele sale vase transformate în 1957). În 1996, Regina Maersk putea încărca 6 000 de unități standard; în 2008, maximumul era de 13 800, iar în 2009 Mediterranean Shipping Company a pus în funcțiune şase vase gigantice, capabile fiecare să transporte 23 756 de containere standard, rezultând o creştere de 12 ori a capacității maxime a vaselor între 1973 şi 2019.7·7· În mod inevitabil, această transformare pe scară largă a transportului cu containere a necesitat o transformare pe măsură a trenurilor de marfă şi a camioanelor, iar aceste lanțuri de transport combinat aduc acum mărfuri dintr-un oraş din interiorul Chinei la rampa de încărcare a unui hipermarket Walmart din Missouri.

Iar când transportul florilor sau al alimentelor scumpe (ton proaspăt prins din apele canadiene ale Atlanticului la Tokyo; fasole verde din Kenya la Londra; trandafiri din Ecuador la New York) sau aparatura electronică de mare valoare necesită viteză, ele sunt trimise pe calea aerului. Cala fiecărui avion de pasageri transportă mărfuri, la fel ca flota tot mai numeroasă a avioanelor de mărfuri. Drept rezultat, între 1973 şi 2018, transportul de mărfuri pe calea aerului la nivel mondial (exprimat în tone-kilometri) a crescut de circa 12 ori, în vreme ce traficul de pasageri programat a crescut de la circa 0,5 bilioane la peste 8,3 bilioane de pasageri-kilometri, adică de aproape 17 ori.7·8 Aproximativ două treimi (5,3 bilioane de pasageri-kilometri) din ultimul total au fost pe zboruri internaționale – echivalentul transportării pe calea aerului a aproape jumătate de miliard de pasageri pe an de la New York la Londra şi retur.

O parte tot mai mare din aceste zboruri este reprezentată de turiştii internaționali. La începutul anilor 1970, totalul anual al acestora la nivel mondial (dominat de americani şi vest-europeni) era mai mic de 200 de milioane; în 2018, noul record a ajuns la 1,4 miliarde.7·9 Europa rămâne principala destinație turistică, reprezentând jumătate din totalul sosirilor – cele mai vizitate țări de pe continent fiind Franța, Spania şi Italia. Timp de generații, Statele Unite au dominat cheltuielile turistice generale, dar în 2012 au fost depăşite de China, iar cinci ani mai târziu turiştii chinezi cheltuiau de două ori mai mult decât americanii. Înmulțirea destul de bruscă a sosirilor şi concentrarea lor disproporționată în câteva oraşe importante (Paris, Veneția, Barcelona) a provocat nemulțumirea rezidenților lor permanenți şi primele încercări de limitare a numărului de vizitatori zilnici sau anuali.80

Mâna lungă a legii lui Moore

Creşterile în mişcările de materiale, produse şi oameni, precum şi necesitatea de a livra materiale sau componente la timp pentru noile industrii care lucrau fără stocuri mari, au fost facilitate (şi făcute mai sigure) de progresele din navigaţie, urmărire, informatică şi comunicaţii, aşa cum capacităţi mult extinse erau necesare pentru a permite noul potop al fluxurilor internaţionale de date. Toate aceste progrese au o bază tehnică fundamentală: capacitatea noastră de a înghesui mai multe componente într-un circuit integrat, al cărui progres – dublarea la aproximativ fiecare doi ani – s-a conformat, până acum, predicţiei făcute de Gordon Moore, la acea dată (în 1965) director pentru cercetare al companiei Fairchild Semiconductor.81

În 1969, Moore a devenit cofondator al companiei Intel, care (după cum s-a menţionat deja) a lansat în 1971 primul microprocesor (microcip) cu 2 300 de componente. Fabricarea microprocesoarelor a avansat în cele din urmă de la integrarea pe scară mare (până la 100 000 de componente) la integrarea la scară foarte mare (VLSI, până la 10 milioane de componente) şi la integrarea la scară ultra-mare (ULSI, până la un miliard de componente).82 Pragul de 105 (100 000 tranzistori) a fost atins în 1982, iar în 1996, pentru a sărbători a 50-a aniversare a maşinii, un grup de studenţi de la Universitatea din Pennsylvania a recreat calculatorul ENIAC, punând 174 569 de tranzistori pe un microcip de siliciu cu dimensiunile de 7,4 mm × 5,3 mm. Aparatul original era de peste 5 milioane de ori mai greu, consuma cam de 40 000 de ori mai multă electricitate, iar cipul recreat era de 500 de ori mai rapid.83

Iar progresul a continuat: pragul de 108 a fost depăşit în 2003, 109 în 2010, iar la finele anului 2019, compania AMD a lansat Epyc CPU cu 39,5 miliarde de tranzistori.84 Aceasta înseamnă că între 1971 şi 2019 puterea microprocesoarelor a crescut cu şapte ordine de mărime – de 17,1 miliarde de ori, ca să fim exacți. Aceste progrese au fost mai mult decât suficiente ca să facă față noilor cereri pentru transferuri masive de date (din domeniul observării Pământului, cu sateliții de spionaj şi comunicații, şi între centrele financiare şi băncile de date), corespondență electronică şi apeluri vocale instantanee şi navigație de mare precizie.

Această din urmă capacitate a beneficiat de pe urma progreselor din detecția radar şi a instalării, urmate de extinderea şi îmbunătățirea sistemului global de poziționare (GPS). Primul sistem (american) a fost complet operațional în 1993, urmat de alte trei sisteme (GLONASS al Rusiei, Galileo al UE şi BeiDou al Chinei).85 Drept urmare, oricine are un computer sau un telefon mobil poate să vizualizeze activitățile maritime şi aviatice din toată lumea şi în timp real cu un simplu click pe site-ul MarineTraffic şi să vadă cum cargoboturile (pictograme verzi) converg spre Shanghai şi Hong Kong, aliniindu-se să treacă printre Bali şi Lombok, sau să treacă în sus prin Marea Mânecii; să urmărească tancurile petroliere (roşii) cum ies din Golful Persic, remorcherele şi ambarcațiunile speciale (turcoaz) deservind platformele marine de petrol şi gaz din Marea Nordului, şi pescadoarele (maro-deschis) străbătând zona centrală a Pacificului (şi mai sunt multe alte nave acolo şi în alte părți care nu apar pe ecran pentru că, în timp ce pescuiesc ilegal, îşi scot din funcțiune transponderele).86

În mod asemănător, dar nu mai puțin fascinant, avem posibilitatea (tot la un click distanță) de a monitoriza toate

zborurile comerciale.87· Dimineața devreme în Europa prezintă un lung arc de zboruri decalate care se apropie de continent după ce au traversat Atlanticul în timpul nopții, venind dinspre America de Nord şi de Sud; serile în America de Nord arată şiruri lungi de avioane de linie deplasându-se pe ruta de zbor optimă spre Europa; cursele transpacifice spre Japonia converg pe Narita şi Haneda în după-amiezile târzii şi începuturile de seară, după ora capitalei Tokyo. Mai mult, monitorizarea zborurilor face posibil să se urmărească schimbările din rutele de zbor care țin cont de pozițiile frecvent schimbătoare ale curenților de aer rapizi la mare altitudine.88 Ajustări mai puțin frecvente ale cursului de zbor sunt cauzate de înaintarea principalelor cicloane sau de norii de cenuşă emişi de erupțiile vulcanice.89

Inevitabilitate, impedimente şi depăşirea limitelor

Istoria globalizării dezvăluie o incontestabilă tendință pe termen lung spre o mai mare integrare economică internațională, care se manifestă prin fluxuri intensificate de energii, materiale, oameni, idei şi informații şi care este facilitată de ameliorarea posibilităților tehnice. Procesul nu este nou, dar numai datorită numeroaselor inovații de după 1850 ar fi putut să ajungă la intensitatea şi amploarea recente. Însă, aşa cum arată unele impedimente din trecut, aceste progrese tehnice nu fac ca progresul continuu să fie inevitabil. Cel mai demn de amintit este faptul că în prima jumătate a secolului XX a avut loc o retragere semnificativă față de globalizarea economică şi, în consecință, față de fenomenul însoțitor al circulației internaționale a oamenilor. Motivele acestei retrageri sunt evidente, căci acele decenii au

fost marcate de o înlănțuire fără precedent a tragediilor la scară mare şi de o scădere a avuțiilor naționale.

Lista, limitată la evenimente-cheie, include sfârşitul dinastiei Qing, ultima dinastie imperială a Chinei (1912); Primul Război Mondial (1914 – 1918); sfârşitul Rusiei țariste, când bolşevicii au preluat puterea şi au urmat ani de război civil, la finalul căruia s-a înființat URSS (1917 – 1921); destrămarea Imperiului Otoman (disoluția finală în 1923); instabilitatea politică a Europei din anii 1920 de după război; prăbuşirea bursei de la sfârşitul lui octombrie 1929; crizele economice mondiale ulterioare, care s-au prelungit în cea mai mare parte a anilor 1930; invazia japoneză din Manciuria (1931), adevăratul început al unui alt mare război; preluarea de către nazişti a puterii în Germania (1933); războiul civil din Spania (1936 – 1939); al Doilea Război Mondial (1939 – 1945); războiul civil renăscut din China (1945 – 1949); începutul Războiului Rece (1947); şi proclamarea de către Mao a Republicii Populare Chineze (1949). Declinul globalizării economice a fost substanțial. Cota parte a comerțului în PIB la nivel mondial a scăzut de la circa 14% în 1913 la circa 6% în 1939 şi la numai 4% în 1945.90

Iar ritmul accelerat al globalizării de după 1990 nu s-a bazat doar pe deținerea unor mijloace tehnice superioare; ar fi fost imposibil fără importantele transformări politice şi sociale concurente, în special revenirea de după 1980 a Chinei în comerțul internațional, urmată de dezmembrarea Imperiului Sovietic (între 1989 şi 1991). Aceasta înseamnă că gradul înalt de globalizare atins în primele decenii ale secolului al XXI-lea nu a fost inevitabil şi că evoluțiile viitoare îl pot slăbi. În ce măsură (marginal sau substanțial) şi cât de rapid (rapid, ca urmare a unor confruntări majore pentru

putere, treptat ca un fenomen generațional) este imposibil de prevăzut.

Multe lucruri par ferm stabilite. O mare parte din globalizarea dobândită, mai ales multiplele schimbări care au avut loc în ultimele două generații, va rămâne neschimbată. Prea multe țări se bazează acum pe importurile de alimente, iar autonomia în privința tuturor materiilor prime este imposibilă, chiar şi pentru țările cele mai mari, pentru că nicio țară nu posedă rezerve suficiente din toate mineralele de care ar avea nevoie economia sa. Marea Britanie şi Japonia importă mai multe alimente decât produc, China nu are tot minereul de fier necesar furnalelor sale, SUA cumpără multe metale din categoria pământurilor rare (de la lantan la ytriu), iar India suferă de o penurie cronică de țiței.91 Avantajele inerente ale manufacturării la scară largă împiedică firmele să asambleze telefoane mobile în toate oraşele în care acestea sunt cumpărate. Şi milioane de oameni vor continua să încerce să vadă în timpul vieții locuri îndepărtate emblematice.92 Mai mult, reversiile instantanee nu sunt practice, iar dislocările rapide sunt întotdeauna însoțite de costuri mari. De exemplu, aprovizionarea globală cu aparatură electronică de consum ar suferi enorm dacă Shenzhen ar înceta dintr-odată să funcționeze drept cel mai important hub mondial de fabricare a dispozitivelor portabile.

Dar istoria ne aminteşte că este improbabil ca starea de lucruri recentă să dureze timp de generații. Industriile britanică şi americană au fost lideri globali până de curând, la începutul anilor 1970. Dar unde sunt acum fabricile de prelucrare a metalelor din Birmingham sau oțelăriile din Baltimore? Unde sunt marile filaturi de bumbac din Manchester sau Carolina de Sud? Până în 1965, „cei trei mari” din Detroit încă dețineau 90% din piața americană de

automobile; acum însă nu mai au nici măcar 45%. Până în 1980, Shenzhen era un mic sat de pescari, când a devenit prima zonă economică specială a Chinei, iar acum este un mega-oraş cu peste 12 milioane de locuitori. Ce rol va juca în 2050? O retragere rapidă, la scară largă, din starea curentă este imposibilă, dar sentimentele pro-globalizare au slăbit de ceva vreme.

Dezindustrializarea accelerată a Americii de Nord, Europei şi Japoniei şi mutarea proceselor manufacturiere în Asia în general şi în China în special, a fost motivul principal al acestei reevaluări.93 Această comutare a manufacturării a adus schimbări ce pot fi încadrate de la rizibile la tragice. În prima categorie sunt tranzacții groteşti de genul celei în urma căreia Canada, țara cu resurse forestiere mai mari decât ale oricărei națiuni bogate, importă scobitori şi hârtie igienică din China, o țară ale cărei stocuri de lemn se ridică la o mică fracție din enormul patrimoniu forestier boreal al Canadei.94 Dar comutarea a contribuit şi la tragedii, cum ar fi creşterea mortalității la vârste mijlocii în rândul bărbaților albi, fără educație universitară, din America. Nu încape nicio îndoială că dispariția post-2000 a circa 7 milioane de joburi manufacturiere (anterior, bine plătite) din America – cea mai mare parte a acestei pierderi putând fi pusă pe seama globalizării, dat fiind că acea producție s-a mutat, în majoritate, în China – a fost principala cauză a acestor decese din disperare, care în mare măsură pot fi atribuite sinuciderilor, supradozelor de droguri şi bolilor de ficat provocate de alcool.95

Iar acum avem o confirmare cantitativă solidă potrivit căreia globalizarea a atins un punct de cotitură la mijlocul primului deceniu al acestui mileniu. Marea Recesiune din 2008 a eclipsat această evoluție, dar analiza McKinsey făcută pentru 23 de lanțuri valorice ale industriei (activități

interconectate, de la proiectare la vânzările cu amănuntul, care livrează produse finite) acoperind 43 de ţări între 1995 şi 2017 arată că lanțurile valorice ale producției de mărfuri (încă în creştere lentă în termeni absoluți) au devenit în mod semnificativ mai puțin intense în plan comercial, în condițiile în care exporturile au scăzut de la 28,2% din producția globală în 2007 la 22,5% în 2017.96

Ceea ce eu consider că este a doua constatare în ordinea importanței a acestui studiu este faptul că, în ciuda percepției comune, doar circa 18% din comerțul mondial de mărfuri este acum stimulat de costurile mai mici cu munca (arbitrajul muncii), că în multe lanțuri această cotă parte a scăzut în toată perioada anilor 2010 şi că lanțurile valorice globale devin mai axate pe cunoaştere şi se bazează din ce în ce mai mult pe munca înalt specializată. În mod similar, un studiu efectuat de OECD arată că expansiunea lanțurilor valorice globale s-a oprit în 2011 şi de atunci a scăzut uşor: au fost mai puține schimburi comerciale în mărfurile şi serviciile intermediare.97·

Să adăugăm la asta lacrimile (justificate sau exagerate, raționale sau demagogice) cauzate de impactul globalizării asupra suveranității, culturii şi limbilor naționale; de diluarea particularităților în solventul universalității comerciale (cu îngrijorări pornind de la ubicuitatea lanțurilor de fast-food americane la puterea în esență necontrolată a rețelelor de socializare); şi, contrar beneficiilor promise, de îngrijorările privind rolul globalizării în inegalitatea economică şi socială. Chiar şi o evaluare precaută a acestor aspecte negative reale şi percepute confirmă suficiente dezavantaje pentru a chestiona orice viitoare intensificare a procesului, iar în 2020 pandemia de COVID-19 a întărit şi mai mult aceste sentimente.

Argumentele în favoarea relocalizării multor tipuri de producție în scopul dobândirii unei rezistențe mai mari şi pentru a reduce întreruperile neaşteptate nu sunt noi. Progresul globalizării şi acțiunile companiilor multinaționale au fost puse sub semnul întrebării şi criticate încă din anii 1990 şi, mai recent, aceste sentimente au devenit parte a nemulțumirilor electorale din unele țări, în special în Marea Britanie şi SUA.98 Dar, în timpul pandemiei de COVID-19, o grupare remarcabilă de instituții a început să publice analize şi apeluri pentru reorganizarea lanțurilor de aprovizionare la nivel global. OECD a examinat opțiunile politice pentru constituirea unor rețele de producție mai rezistente care să se bazeze mai puțin pe importuri din locuri îndepărtate şi care ar putea suporta mai bine întreruperile din comerțul global. Conferința ONU pentru Comerț şi Dezvoltare a luat în considerare repatrierea proceselor de producție din Asia în America de Nord şi Europa şi o trecere la lanțuri valorice mai scurte şi mai puțin fragmentate – extinzându-se de la proiectare, prin fabricație şi la distribuție în cadrul unei singure țări sau a unei singure unități economice – aceea ce ar produce o concentrare mai mare a valorii adăugate. Swiss Re a realizat un raport privind eliminarea riscurilor în lanțurile de aprovizionare globale (reechilibrarea lor pentru a le spori rezistența). Iar Brookings Institution vede în relocalizarea proceselor avansate de producție calea cea mai bună pentru crearea de joburi bune.99

Punerea sub semnul întrebării şi criticarea globalizării a depăşit faza argumentelor ideologice obtuze, iar pandemia de COVID-19 a oferit argumente suplimentare puternice bazate pe îngrijorările de necombătut privind rolul fundamental al statului în protejarea vieții cetățenilor săi. Acel rol este dificil de îndeplinit când 70% din producția

mondială de mănuşi de cauciuc se realizează într-o singură fabrică şi când cote similare sau chiar mai mari nu doar din echipamentele de protecție personală, ci şi din principalele componente ale medicamentelor şi de medicație comună (antibiotice, antihipertensive) provin de la un număr mic de furnizori din China şi India.100 O astfel de dependență s-ar putea să nu împlinească visul economiştilor de producție în masă la cele mai scăzute costuri pe unitate posibile, dar mijloceşte o guvernare extrem de iresponsabilă – dacă nu chiar criminală când doctorii şi asistentele trebuie să facă față pandemiei fără echipament de protecție adecvat, când statele dependente de producția din străinătate se angajează într-o concurență deconcertantă pentru stocurile limitate şi când pacienții din lumea întreagă nu-şi pot reînnoi rețetele din cauza încetinirii producției sau închiderii fabricilor asiatice.

Iar preocupările privind securitatea generate de globalizarea excesivă merg mult dincolo de sectorul de ocrotire a sănătății. Creşterea importurilor americane de transformatoare mari din China creează îngrijorări privind disponibilitatea pieselor de schimb şi potențialul unei destabilizări viitoare a rețelei de electricitate şi nu e nevoie să repetăm argumentele referitoare la mult popularizata interzicere a participării companiei Huawei la construirea rețelelor 5G în unele țări occidentale.101 Deloc surprinzător, relocalizarea proceselor de producție poate fi valul viitorului, atât în America de Nord, cât şi în Europa: un sondaj efectuat în 2020 a arătat că 64% din producătorii americani au spus că este probabil ca relocalizarea să urmeze pandemiei.102

Va persista acest sentiment? Aşa cum nu voi obosi să subliniez, eu nu fac prognoze şi prin urmare nu ofer vreo cifră specifică referitoare la diminuarea sau continuarea

nivelurilor de globalizare de dinaintea COVID-19 în general, sau la relocalizarea capacităților de producție în particular. Eu doar încerc să evaluez gama rezultatelor celor mai probabile şi, deşi în anii din urmă situația a arătat tot mai mult ca şi cum majoritatea aspectelor globalizării nu vor creşte spre noi înălțimi, în 2020 această noțiune a devenit întru totul banală: s-ar putea să fi văzut deja vârful globalizării, iar refluxul acesteia s-ar putea să dureze nu doar câțiva ani, ci câteva decenii.

Capitolul 5

Să înţelegem riscurile

De la virusuri la diete şi la exploziile solare

O modalitate cuprinzătoare de a descrie progresele civilizației moderne este să le vedem ca pe o serie de încercări de reducere a riscurilor generate de faptul că suntem organisme complexe şi fragile, care încearcă să supraviețuiască în fața multor încercări într-o lume plină de pericole. Capitolele precedente au arătat cât de mult succes am avut în aceste încercări. Producțiile agricole mai mari au îmbunătățit aprovizionarea cu hrană, i-au scăzut costurile şi au redus riscurile de malnutriție, de dezvoltare întârziată şi de boli ale copilăriei cauzate de subnutriție. Cel mai notabil,

combinația dintre creșterea producției alimentare, extinderea comerțului cu alimente și ajutoarele alimentare de urgență au eliminat îndelungatul caracter inevitabil al situațiilor recurente de foamete.1

Locuințe mai bune (mai mult spațiu, apă curentă și apă caldă, încălzire centrală), o igienă mai bună (nicio îmbunătățire nu a fost mai importantă decât mai mult săpun și spălatul pe mâini mai frecvent), și măsuri de sănătate publică mai bune (de la vaccinările la nivel de populație la supravegherea siguranței alimentare) au crescut confortul casnic, au redus riscurile răspândirii infecțiilor provocate de apa contaminată, au diminuat frecvența patogenilor de origine alimentară și au eliminat în mare parte pericolele intoxicării cu monoxid de carbon de la sobele cu foc de lemne.2 Diferite progrese de inginerie și măsuri de siguranță publică au redus accidentele industriale și din timpul transportului. Accidentele auto (numărul deceselor cauzate de acestea a ajuns acum la peste 1,2 milioane pe an) ar fi și mai periculoase fără îmbunătățirile în proiectarea automobilelor și măsurile de protecție (barele anti-intruziune care protejează de ciocnirile laterale, centurile de siguranță, airbagurile, luminile de frână la nivelul ochilor șoferului și, într-o măsură tot mai mare, frânarea automată și corectarea abaterii de la banda de circulație) care au redus riscurile ciocnirilor și accidentărilor grave.3

Tratatele internaționale au stabilit reguli transparente care promovează fiabilitatea și siguranța (cum ar fi reducerea riscului de a importa mărfuri contaminate) și care fac ca evenimentele regretabile să fie supuse acțiunilor juridice (cum ar fi urmărirea unui părinte care a răpit un copil într-o altă țară).4 Și, în pofida impresiei create de relatările din media, frecvența pe plan mondial a conflictelor violente și

numărul total al victimelor acestora sunt în scădere de decenii.5 Dar, dată fiind complexitatea corpului uman, enormitatea şi caracterul imprevizibil al proceselor naturale şi imposibilitatea de a eradica toate erorile umane făcute în proiectarea maşinilor complicate şi în operarea acestora, nu e deloc surprinzător că riscurile continuă să abunde în lumea modernă.

Chiar şi oamenii care nu fac nimic deosebit pentru a fi bine informați sunt expuşi în mod regulat relatărilor din media despre pericolele naturale şi cele create de om şi naturale, precum şi de riscurile dietelor, bolilor şi activităților cotidiene. Prima categorie cuprinde aspecte diverse, de la temutele atacuri teroriste la numeroasele manifestări ale chemofobiei (reziduurile de pesticide din alimente la carcinogenele din jucării sau covoare), şi de la azbestul ascuns în ziduri şi în pudra de talc pentru bebeluşi la faptul că planeta este distrusă de încălzirea globală antropogenă.6 Buletinele de ştiri nu ratează nicio relatare despre catastrofele naturale – incluzând uragane, tornade, inundații, secetă şi invaziile de lăcuste –, pe fundal existând îngrijorările persistente legate de cancerele incurabile şi virusurile imprevizibile, recentele preocupări generate de SARS-CoV-1 şi Ebola fiind doar un fel de avanpremiere moderate ale suferințelor provocate de pandemia de COVID-19 (SARS-CoV-2).7·

Lista poate fi uşor extinsă adăugând îngrijorările cu privire la boala vacii nebune (encefalopatie bovină spongiformă), Salmonella sau Escherichia coli, expunerea la microbii din spitale (infecții nosocomiale), radiațiile neionizante generate de telefoanele mobile, securitatea cibernetică şi furtul de date, proiectele de inteligență artificială şi organismele modificate genetic scăpate de sub control, lansarea accidentală a rachetelor nucleare şi un asteroid rătăcit şi

neobservat care poate lovi Pământul. Cu o asemenea enumerare, am putea să conchidem cu uşurinţă că suntem acum expuşi la mai multe riscuri ca oricând – sau, dimpotrivă, că relatările neîntrerupte (şi exagerate) ale unor astfel de evenimente sau despre posibilităţile acestora ne-a făcut pur şi simplu să conştientizăm mai acut existenţa lor şi că o percepţie adecvată a riscurilor ne-ar oferi unele perspective liniştitoare. Iar asta este exact ceea ce voi face în acest capitol. Da, lumea e plină de riscuri constante sau episodice, dar în acelaşi timp abundă în percepţii eronate şi evaluări iraţionale ale riscurilor. Motivele acestor percepţii şi calcule greşite sunt numeroase, iar cei care practică analiza riscurilor au publicat descoperiri lămuritoare cu privire la originea, prevalenţa şi persistenţa lor.8

Dar, înainte de a ajunge la analize, cuantificări şi comparaţii între riscurile artificiale şi cele naturale, să începem cu elementele de bază. Ce ar trebui să mâncăm pentru a susţine o viaţă îndelungată? Dat fiind veritabilul câmp minat al afirmaţiilor şi contraafirmaţiilor moderne privind regimurile alimentare, aceasta ar putea părea o întrebare la care e imposibil, sau măcar foarte dificil, să dai un răspuns. Cum să cântăreşti avantajele şi neajunsurile unor regimuri care pornesc de la dieta carnivoră fără oprelişti şi ajung la veganismul cel mai pur? Prima, promovată ca presupusa dietă paleolitică, asigură peste o treime din toată energia de origine alimentară din proteinele din carne, cealaltă se extinde de la a nu înghiţi niciodată nici măcar un microgram de materie animală la a nu purta niciodată pantofi din piele, pulovere tricotate din lână sau bluze de mătase. Prima apelează la o caricatură a unora dintre rădăcinile noastre evoluţioniste îndepărtate; a doua oferă calea cea mai sigură de conservare a îndelung suferindei biosfere, pentru că umilele plante, spre deosebire de animalele domestice

distructive, exercită doar o presiune foarte mică asupra mediului înconjurător.

Abordarea mea în găsirea celor mai puțin riscante diete (cele asociate cu speranțe de viață de peste 80 de ani) va ignora nu numai toate afirmațiile dietetice dubioase promovate de media, dar și, poate mai surprinzător, zecile de articole publicate în jurnalele științifice. În particular, cele care au examinat legăturile dintre diete, boli și longevitate urmărind grupuri de diferite dimensiuni și vârste pe perioade mai scurte sau mai lungi, bazându-se totodată în mod covârșitor pe amintirile participanților la studii privind toate alimentele pe care le-au consumat în trecut. De asemenea, voi ignora metastudiile unor astfel de proiecte.

Simpla listare a acestor articole publicate după 1950 – de la examinarea legăturii dintre bolile cardiace, grăsimile saturate și colesterol, la riscurile consumului de carne și lapte – ar umple o broșură, și o bună parte a acestor investigații a fost dedicată expunerii imperfecțiunilor memoriei umane (ce ați mâncat săptămâna trecută? pariez că nu vă aduceți aminte sau cel puțin nu în mod exact), precum și detalierii altor neajunsuri metodologice sau analitice, cum ar fi faptul că acest domeniu abundă în acuzații privind concluzii lipsite de validitate.10

Nu e de mirare că întrebarea ce ar trebui să mâncăm este una dificilă. Aceste studii, precum și metastudiile efectuate pe baza lor, au eșuat în mod repetat să producă rezultate coerente și clare, de multe ori cercetările noi răsturnând rezultatele celor anterioare.11 Există o cale de ieșire din aceste enigme care rezistă de generații și încă sunt în desfășurare? Într-adevăr, este destul de simplu. Putem să vedem care sunt populațiile care trăiesc cel mai mult și ce regimuri alimentare au.

Să mănânci ca în Kyoto – sau ca în Barcelona

Dintre cele peste 200 de țări și teritorii ale lumii, Japonia are cea mai mare longevitate medie începând din 1980, când speranța ei de viață combinată (bărbați și femei) la naștere a depășit 77 de ani.12 Au urmat și alte creșteri, așa încât până în 2020, speranța de viață combinată la naștere a Japoniei era de 84,6 de ani. Femeile trăiesc mai mult în toate societățile, iar până în 2020 speranța lor de viață în Japonia era de circa 87,7 de ani, întrecând Spania cu 86,2 ani. Longevitatea medie este rezultatul unor factori complecși acționând combinat, care țin de genetică, stil de viață și nutriție. Să încerci să găsești ce proporție e determinată numai de dietă este imposibil, dar dacă regimul alimentar al unei națiuni are unele caracteristici unice, ele merită în mod clar să fie examinate mai atent.

Are consumul de alimente din Japonia ceva cu adevărat special, care să ofere o explicație la îndemână privind contribuția adusă de regimul alimentar la longevitatea record a populației? Toate ingredientele ei tradiționale consumate în cantități substanțiale diferă doar subtil față de cele mâncate sau băute din abundență în țările asiatice învecinate. Chinezii și japonezii consumă varietăți diferite, dar echivalente nutrițional, ale aceleiași subspecii de orez (Oryza sativa japonica). Prin tradiție, chinezii și-au coagulat brânza de soia (doufu) cu sulfat de calciu (shigao), în vreme ce brânza de soia japoneză (tofu) este închegată cu sulfat de magneziu (nigari), dar boabele de leguminoase măcinate sunt la fel de bogate în proteine. Și, spre deosebire de ceaiul

verde nefermentat japonez (ocha), ceaiul verde chinezesc (lücha) este parțial fermentat. Acestea nu sunt diferențe în ceea ce priveşte calitatea nutrițională, ci doar chestiuni legate de aspect, culoare şi gust.

În ultimii 150 de ani, dieta japoneză a suferit o transformare enormă. Dieta tradițională, consumată de majoritatea populației înainte de 1900, era insuficientă pentru a sprijini potențialul de creştere al populației şi a avut ca rezultat bărbați şi femei de statură joasă; ameliorările lente de dinaintea celui de-al Doilea Război Mondial s-au accelerat după ce țara a depăşit situațiile de penurie alimentară de după înfrângerea suferită în 1945.13 Consumul de lapte, introdus prima oară în mesele oferite la şcoală pentru a preveni malnutriția, a început să crească, iar orezul alb a devenit abundent. Proviziile de alimente de origine oceanică s-au extins rapid, după ce țara şi-a construit cea mai mare flotă de pescuit (inclusiv balene) din lume. Carnea a devenit o componentă des întâlnită în mâncărurile japoneze şi multe produse de brutărie au început să fie preferate într-o țară care în mod tradițional nu consuma aşa ceva. Creşterea veniturilor şi hibridizarea gusturilor au adus creşteri ale nivelurilor medii de colesterol în sânge, ale tensiunii arteriale şi ale greutății corporale – şi totuşi incidența bolilor cardiace nu a crescut dramatic şi longevitatea a cunoscut valori tot mai mari.14

Ultimele studii publicate arată că Japonia şi SUA sunt surprinzător de apropiate în privința totalului de energie alimentară consumată zilnic. În perioada 2015 – 2016, bărbații americani consumau doar cu 11% mai multă, iar femeile americane nici măcar cu 4% mai multă energie alimentară pe zi decât femeile din Japonia în 2017. Cele două țări au diferențe moderate în privința consumului total de carbohidrați (în Japonia era un plus de sub 10%) şi

proteine (americanii consumau cu sub 14% mai mult) şi ambele populații se situau cu mult deasupra minimului necesar de proteine. Dar, în privința aportului mediu de lipide, există o diferență importantă, bărbații americani consumând cu circa 45% mai mult, iar femeile americane cu 30% mai mult decât bărbații, respectiv femeile din Japonia. Şi cea mai mare disparitate este în aportul de zahăr: în rândul adulților americani, este cu circa 70% mai mare. Dacă recalculăm în termeni de diferențe anuale medii, în ultima perioadă, americanii au consumat anual cam cu 8 kilograme de grăsime mai mult şi cu 16 kilograme de zahăr în plus față de cantitatea medie a unui adult japonez.

Larga disponibilitate a ingredientelor şi accesul uşor la instrucțiunile pentru gătit şi rețete pe internet înseamnă că fiecare dintre noi îşi poate minimiza riscul de mortalitate prematură şi să înceapă să mănânce à la japonaise – fie potrivit bucătăriei tradiționale a țării, washoku, fie adaptările unor mâncăruri străine (şnițelul vienez apărând ca tonkatsu pre-feliat; curry şi orez transformate în cleiosul kare raisu).16 Dar, înainte de a începe să mănânci supă miso (miso shiru) la micul-dejun, onigiri (chiftele de orez învelite în nori, alge de mare uscate) la prânz şi sukiyaki (carne şi tocană de legume) la cină, poate n-ar strica să afli şi o a doua opinie: ce ar face cel mai bun model european de dietă şi longevitate?

Femeile din Spania sunt pe locul doi în lume în privința speranței de viață, iar prin tradiție în țară se consumă aşa-numita dietă mediteraneeană, cu aporturi ridicate de legume, fructe şi cereale integrale, însoțite de fasole, alune, semințe şi ulei de măsline. Dar pe măsură ce venitul mediu al spaniolilor a crescut, aceştia şi-au schimbat rapid acele obişnuințe într-o măsură surprinzător de mare.17· Până spre sfârşitul anilor 1950, Spania pauperizată a lui Franco a

continuat să mănânce foarte frugal. Dietele tipice erau dominate de amidonoase (consumul anual de cereale şi cartofi se ridica la circa 250 kilograme pe cap de locuitor) şi legume; consumul de carne (greutate în carcasă) a rămas sub 20 de kilograme pe cap de locuitor), iar consumul efectiv era mai mic de 12 kilograme (din care o treime era carne de berbec şi de capră); aceite de oliva era cel mai important ulei vegetal (circa 10 litri pe an); şi numai consumul de zahăr (circa 16 kilograme în 1960) era ridicat în raport cu celelalte alimente.

Schimbările legate de hrană s-au accelerat după ce Spania a aderat la UE în 1986, astfel că până în anul 2000 a devenit cea mai carnivoră națiune a Europei (după ce consumul mediu pe cap de locuitor a crescut de peste cinci ori, la puțin peste 110 kilograme pe an). Un uşor declin ulterior a redus cifra (greutate în carcasă) la circa 100 de kilograme pe cap de locuitor în 2020, dar asta tot înseamnă dublul mediei japoneze! Iar cu produsele lactate şi brânzeturile adăugate la carnea proaspătă şi cantitatea şi varietatea enormă de jamones (şuncă preparată prin sărare şi uscare prelungită), nu este deloc surprinzător că, în Spania, consumul de grăsime animală este cvadruplu față de cel al japonezilor.18 Spaniolii consumă acum un volum aproape dublu de uleiuri vegetale față de japonezi – dar consumul de ulei de măsline este cu circa 25% mai mic decât era în 1960.

Veniturile mai mari n-au făcut decât să crească predilecția tradițională pentru produsele de cofetărie, iar adoptarea băuturilor răcoritoare carbogazoase au făcut restul începând cu 1960, consumul de zahăr pe cap de locuitor s-a dublat şi este acum cu circa 40% peste nivelul japonezilor. În acelaşi timp, consumul de vin al spaniolilor a scăzut neîncetat, de la circa 45 de litri pe cap de locuitor în 1960 la doar 11 litri în 2020, iar berea a devenit de departe cea mai

consumată băutură alcoolică a țării. Felul cum se mănâncă acum în Spania diferă substanțial de modul în care se mănâncă în Japonia – şi, fără îndoială (fiind carnivorul de top al continentului), această dietă abia dacă mai seamănă cu legendara dietă mediteraneeană, frugală, cvasi-vegetariană şi care prelungeşte viața.

Dar, în pofida aportului crescut de carne, grăsimi şi zahăr (şi după abandonarea rapidă a consumului vinurilor, despre care se spune că protejează inima), mortalitatea pricinuită de boli cardiovasculare din rândul populației Spaniei a continuat să scadă, odată cu creşterea speranței de viață. Începând cu 1960, în Spania mortalitatea pricinuită de boli cardiovasculare a scăzut într-un ritm mai alert decât media din țările bogate, iar în 2011 era cam cu o treime mai scăzută decât media acestora; şi tot față de 1960, Spania a adăugat peste 13 ani la perspectiva combinată (bărbați şi femei) a longevității, crescând de la 70 la peste 83 de ani în 2020.19 Asta înseamnă cu doar un an mai puțin decât în Japonia. Prin urmare, merită un an în plus de viață (cu şanse mari ca acest an să fie petrecut în decrepitudine fizică sau mintală, ori o combinație a ambelor) ca să înlocuieşti jumătate din carnea pe care o mănânci cu tofu?

Gândeşte-te la ce ai putea să pierzi: feliile acelea subțiri ca hârtia de jamon iberico; carnea aceea de porc bine friptă (chiar dacă nu e gătită la fel ca la celebra Sobrino de Botin, aflată la o plimbare scurtă pe jos de Plaza Mayor, unde carnea de porc se prepară de aproape 300 de ani); acea polpo gallego bine gătită, caracatiță friptă înăbuşită cu cartofi, ulei de măsline şi paprica. Acestea sunt, cu adevărat, decizii existențiale care trebuie luate – dar concluzia este rezonabil de clară. Dacă ar fi să vrei să obții longevitatea (însoțită de o viață sănătoasă şi activă) bazându-te numai pe dieta predominantă – care, oricât ar fi

de importantă, este doar un element al unui ansamblu mai mare care include genele pe care le moştenim şi mediul înconjurător – atunci dieta japoneză are un uşor avantaj, dar un avantaj doar cu puțin inferior se poate obține mâncând aşa cum se mănâncă în Valencia.

Este vorba de o evaluare a riscurilor extrem de importantă, dar relativ simplă: o alegere, bazată pe date convingătoare, poate fi suficientă pentru deceniile care urmează. Alte evaluări de riscuri sunt invariabil mai dificile, pentru că determinanții cantitativi s-ar putea să nu fie atât de simpli ca anii trăiți. Riscurile unor activități specifice se schimbă cu timpul (în prezent, condusul maşinii este astăzi, în general, mult mai sigur decât cu o jumătate de secol în urmă, dar după 50 de ani de şofat, abilitățile tale se poate să se fi deteriorat, astfel că prezinți un risc mai mare pentru tine şi pentru alții când te aşezi la volan). Iar în cazul în care vrei să ştii dacă zborurile intercontinentale (pe care s-ar putea să le efectuezi mai rar) sunt mai riscante decât coborârile pe pârtiile de schi (pe care poate că le faci de mulți ani), trebuie să ai un etalon de comparație destul de exact. Şi cum poți să compari riscurile întâmpinate în diferite țări – să spunem, şofatul în SUA, să fii lovit de trăsnet când faci drumeții prin Alpi sau să mori într-un cutremur de pământ în Japonia? După cum va reieşi, putem să facem evaluări comparative remarcabil de exacte ale tuturor acestor riscuri.

Percepţii şi toleranţe legate de riscuri

În lucrarea sa de pionierat privind analiza riscurilor, publicată în 1969, Chauncey Starr – la acea dată decanul

Facultății de Inginerie şi Ştiințe Aplicate din cadrul Universității din Los Angeles, California – a subliniat diferența majoră în toleranța la risc între activitățile voluntare şi cele involuntare.20 Când oamenii cred că dețin controlul (o percepție care ar putea fi incorectă, dar care se bazează pe experiențe anterioare şi, prin urmare, pe convingerea că pot evalua rezultatul probabil), se angajează în activități – cățăratul pe pereți verticali de stâncă fără corzi de siguranță, skydiving, lupte cu tauri – ale căror riscuri de rănire gravă sau de deces pot fi de o mie de ori mai mari decât riscul asociat cu o expunere involuntară atât de temută cum este un atac terorist într-un mare oraş occidental. Şi majoritatea oamenilor nu au nicio problemă să se angajeze zilnic şi în mod repetat în activități care le cresc temporar riscurile cu cantități semnificative. Astfel, sute de milioane de oameni se deplasează cu maşina în fiecare zi (şi se pare că multora chiar le place să facă acest lucru), iar un risc şi mai mare este tolerat de un număr şi mai mare de fumători21 – în țările bogate, deceniile de educație au redus numărul acestora, dar pe plan mondial încă mai sunt peste un miliard de fumători.

În unele cazuri, disparitatea dintre tolerarea riscurilor asumate voluntar şi încercarea de a evita riscurile greşit percepute ale expunerilor involuntare devine cu adevărat bizară, ca atunci când părinții refuză să-şi vaccineze copiii (expunându-i în mod voluntar la riscurile multiple ale unor boli care pot fi prevenite) deoarece consideră cerința guvernului ca ei să-şi protejeze copiii (o impunere involuntară) ca fiind un risc inacceptabil – şi fac asta pe baza unor „dovezi” discreditate în repetate rânduri (cel mai notabil, legând vaccinarea de o incidență mai mare a autismului) sau a unor zvonuri privind presupuse pericole (implantarea de microcipuri!).22 Iar pandemia de SARS-

CoV-2 a ridicat aceste temeri iraționale la un nou nivel. Vaccinarea în masă era speranța cea mai mare a omenirii de a pune capăt pandemiei, dar cu mult înainte ca primele vaccinuri să fie aprobate pentru distribuire, segmente semnificative ale populației declarau în sondajele de opinie că nu se vor vaccina.23

Teama larg răspândită față de generarea nucleară a electricității este un alt exemplu grăitor de percepție greşită a riscului. Mulți oameni fumează, conduc maşina şi mănâncă excesiv de mult, dar au rețineri în a locui în apropierea unei centrale nuclear-electrice, iar sondajele au arătat o neîncredere durabilă şi răspândită față de această formă de generare a electricității, în pofida faptului că a prevenit un mare număr de decese legate de poluarea aerului, care ar fi fost asociate cu arderea combustibililor fosili (în 2020, aproape trei cincimi din electricitatea lumii provenea din combustibilii fosili şi doar 10% din fisiunea nucleară). Iar comparația dintre riscurile generale asociate cu generarea nucleară față de cele legate de generarea din combustibili fosili nu se schimbă, chiar dacă sunt incluse cele mai bune estimări ale deceselor latente cauzate de cele două accidente majore (Cernobîl în 1985 şi Fukushima în 2011).24

Poate că cel mai uluitor contrast între percepțiile riscului de inspirație nucleară îl întâlnim când comparăm Franța cu Germania. Franța obține peste 70% din electricitate din fisiunea nucleară încă din 1980 şi suprafața țării este presărată cu aproape 60 de reactoare, răcite cu apă din multe râuri din Franța, printre care Sena, Rin, Garonne şi Loara. Şi totuşi longevitatea populației franceze (depăşită doar de Spania în cadrul UE) este cea mai bună dovadă a faptului că aceste centrale nuclear-electrice nu au reprezentat o sursă perceptibilă de îmbolnăvire sau de

decese premature – dar dincolo de Rin, nu doar Verzii germani consideră că electricitatea nucleară este o invenție infernală care trebuie eliminată cât mai repede posibil, ci şi mari porțiuni ale populației.26

Iată de ce mulți cercetători au afirmat că nu există un „risc obiectiv" care aşteaptă să fie măsurat deoarece percepțiile noastre privind riscurile sunt în mod inerent subiective, depinzând de felul cum înțelegem anumite pericole (riscuri familiare vs. riscuri noi) şi de circumstanțele culturale.27· Studiile psihometrice au arătat că pericolele specifice au tiparele lor unice de calități puternic corelate: riscurile involuntare sunt adesea asociate cu teama de pericole noi, incontrolabile şi necunoscute; cât priveşte pericolele voluntare, este mai probabil să fie percepute ca fiind controlabile şi cunoscute de ştiință. Generarea nucleară a electricității este percepută de multă lume ca fiind nesigură, în vreme ce radiațiile X comportă un risc tolerabil.

Sentimentele de teamă joacă un rol exagerat în percepția riscului. Atacurile teroriste sunt poate cel mai bun exemplu al acestei toleranțe diferențiate, căci frica preia controlul şi elimină evaluarea rațională făcută uşor pe baza dovezilor incontestabile. Din cauza unor caracteristici specifice imprevizibile, cum ar fi momentul, locul şi scara, atacurile teroriste se situează sus pe scara psihometrică a fricii, iar aceste temeri au fost exploatate intensiv de pseudoanalizele mult exagerate oferite de prezentatorii canalelor de ştiri non-stop: în ultimele două decenii, acestea au făcut speculații legate de orice, de la bombele nucleare ascunse în valize şi detonate în mijlocul Manhattan-ului la otrăvirea bazinelor de apă potabilă ale marilor oraşe şi împrăştierea de virusuri mortale create artificial.

În comparație cu aceste atacuri temute, condusul automobilului prezintă riscuri în mare parte voluntare, cu o recurență ridicată şi foarte familiare, iar morțile accidentale implică în mod covârşitor (peste 90% dintre cazuri) doar o persoană pe coliziune fatală. Ca urmare, societățile tolerează acest preț, care depăşeşte în plan mondial 1,2 milioane de morți pe an, ceva ce nu ar fi acceptat niciodată dacă ar fi să ia forma unor accidente recurente în fabricile industriale sau în construcțiile prăbuşite (poduri, clădiri) în oraşele mari sau în apropierea acestora, chiar dacă numărul combinat de decese în urma unor astfel de dezastre ar fi cu un ordin de mărime mai mic – „doar" în gama sutelor de mii.28

Diferențele mari în privința toleranței individuale la risc sunt cel mai bine ilustrate de faptul că multe persoane se angajează – voluntar şi în mod repetat – în activități pe care alții le-ar putea considera nu doar riscante, ci rezervate celor care fără doar şi poate doresc să-şi pună capăt zilelor. Săriturile de pe bază (obiect fix) sunt un exemplu grăitor de asemenea activități, căci cea mai mică întârziere în deschiderea paraşutei se poate solda cu pierderea vieții – un corp în cădere liberă poate atinge în doar câteva secunde o viteză fatală.29 Şi apoi este toleranța la risc justificată de o credință fatalistă: bolile sau accidentele sunt predestinate şi inevitabile, prin urmare nu are niciun rost să încerci să-ți îngrijeşti sănătatea sau să previi accidentele nefericite prin acțiuni personale adecvate.30

De asemenea, persoanele fataliste subestimează riscurile pentru a evita efortul necesar analizării acestora şi a trage concluzii practice, dar şi pentru că se simt totalmente incapabile să le facă față.31 Fatalismul în trafic a fost foarte bine studiat. Şoferii fatalişti subestimează situațiile periculoase din trafic, au o probabilitate mai mică de a

conduce defensiv (fără distrageri, menținerea unei distanțe sigure față de vehiculul din față, fără depășirea vitezei legale) şi de a-şi asigura copiii cu centura de siguranță ori să raporteze implicarea în accidente rutiere. Ca un aspect îngrijorător, studiile efectuate în unele țări au demonstrat o prevalență a fatalismului în trafic în rândul şoferilor de taxi şi foarte răspândit printre şoferii de microbuze.32

Nu putem face mare lucru pentru a-i transforma pe săritorii de pe bază în personificări ale comportamentului de evitare a riscurilor sau să-i convingem pe mulți şoferi de taxi că accidentele lor nu sunt predeterminate. Dar putem folosi cea mai bună înțelegere a riscurilor pe care o avem la dispoziție, atât a celor din viața de zi cu zi, cât şi a celor extrem de rare, dar potențial mortale, ca să le cuantificăm consecințele şi, drept urmare, ca să le comparăm efectele. Aceasta nu este o sarcină simplă, pentru că trebuie să luăm în considerare o varietate de evenimente şi procese. Mai mult, nu există un sistem de măsurare perfect pentru asta şi nu poate exista un etalon universal pentru a compara riscurile omniprezente cu care se confruntă zilnic miliarde de persoane cu evenimentele extrem de rare care pot avea loc doar o dată la o sută, o mie sau chiar zece mii de ani, dar cu consecințe catastrofale la nivel global. În orice caz, asta voi încerca să fac.

Cuantificarea riscurilor din viața cotidiană

Pentru persoanele mai vârstnice, pericolul începe chiar înainte de a se trezi: atacurile de cord (infarctele miocardice acute) sunt mai des întâlnite şi mai grave în perioada de

tranziție de la întuneric la lumină.33 Când se ridică din pat, unul dintre cele mai răspândite moduri în care bătrânii se accidentează este prin cădere. În SUA, în fiecare an au loc milioane de căzături accidentale, soldate cu vânătăi sau oase rupte – şi peste 36 000 de decese, într-o măsură disproporționată în rândul persoanelor de peste 70 de ani şi adesea producându-se nu la urcarea sau coborârea scărilor, ci pur şi simplu fiindcă îşi pierd echilibrul sau se împiedică de marginea unui covor.34 Şi după ce ajungi în bucătărie sunt riscurile asociate cu mâncatul, de la Salmonella din ouăle gătite necorespunzător la reziduurile de pesticide din ceai (aceasta este o expunere minusculă dar, pentru cei care beau ceai neorganic, cotidiană).35

Când pleci de acasă cu maşina, poate că drumul e acoperit de polei sau un şofer drogat trece pe lumina roşie a semaforului. Pereții biroului tău ar putea încă să ascundă vechea izolație din azbest, iar instalația de aer condiționat defectă ar putea să împrăştie bacteria Legionella. Ai putea să te infectezi cu gripă sezonieră de la colegii de serviciu sau (aşa cum s-a întâmplat în 2020 – 2021, 2009, 1968 şi 1957) cu un virus pandemic nou. S-ar putea să ai o reacție alergică severă la o alună rătăcită accidental într-o ciocolată fără alune. Dacă e anotimpul tornadelor în Texas sau Oklahoma, s-ar putea să te întorci de la serviciu ca să-ți găseşti casa transformată într-un morman de moloz, iar dacă locuieşti în Baltimore, nu poți să rămâi indiferent cu privire la rata omuciderilor, care este cu un ordin de mărime mai mare decât în Los Angeles, oraş celebru pentru bandele sale de infractori.36 Şi, întrucât foarte puține medicamente sunt fabricate în țară (în majoritate, ele vin din China şi India), farmacia ta s-ar putea să nu-ți poată onora rețeta pentru că un lot contaminat a fost retras din distribuție.37·

Iar datele detaliate privind mortalitatea specifică în funcție de vârstă şi sex arată că motivele pentru (şi de aici îngrijorările privind) îmbolnăvirile mortale se schimbă odată cu înaintarea în vârstă. Din ultimele statistici reiese că în rândul bărbaților din Anglia şi Țara Galilor, bolile de inimă domină începând de la 50 de ani şi până aproape de 80 de ani, iar pentru femei cancerul de sân devine cea mai temută boală în jurul vârstei de 35 de ani şi rămâne aşa până pe la 65 de ani; după aceea, cancerul pulmonar este cea mai răspândită cauză a morții în rândul femeilor, iar demența şi boala Alzheimer au înlocuit recent bolile de inimă ischemice ca principală cauză a decesului pentru persoanele de ambele sexe şi cu vârsta peste 80 de ani.38

Cuantificarea riscurilor comune pare a fi o întreprindere descurajantă. Cum să compari între ele riscul de a muri ca urmare a unei epidemii sezoniere de gripă deosebit de severă cu riscul unei accidentări mortale provocate de o şedință ocazională de caiac sau snowmobile; sau riscurile pe care le implică zborurile transpacifice frecvente cu riscul de a mânca în mod curent salată cultivată în California, care ar putea fi contaminată cu Escherichia coli? Şi cum exprimăm riscurile fatale? Raportat la un număr standard de oameni (1 000, 1 milion) dintr-o populație afectată? Pe unitate de substanță periculoasă, pe unitate de timp de expunere sau pe unitate de concentrație ambientală?

Un sistem de măsurare uniform, capabil să subsumeze decesele şi accidentările sau pierderile economice (ale căror totaluri pot să difere prin ordine de mărime între societăți diferite) şi durerea cronică (ceva care rămâne în mod notoriu necuatificabil) este clar un obiectiv imposibil. Dar finalitatea morții oferă un numărător universal, definitiv şi incontestabil, care poate fi folosit în evaluări de risc comparative. Cea mai simplă şi mai evidentă cale de a face

unele comparații revelatoare este folosirea unui numitor standard şi de a măsura între ele frecvențele anuale ale cauzelor morții pe 100 000 de oameni. Folosind statisticile din SUA (ultima analiză detaliată publicată se referă la anul 2017), ajungem la unele rezultate surprinzătoare.39

Omuciderile iau aproape tot atâtea vieți ca leucemia (6 față de 7,2), o mărturie duală privind progresele în tratarea acestui tip de cancer şi extraordinara violență a societății americane. Căderile mortale ucid aproape tot atâția oameni ca şi temutul cancer pancreatic în cazul căruia, după diagnosticare, pacienții mai trăiesc foarte puțin (un procent de 11,2 față de 13,5). Accidentele provocate de autovehicule răpun de două ori mai multe vieți (şi, mai mult, unele mult mai tinere) decât diabetul (52,2 față de 25,7), iar otrăvirile accidentale şi substanțele toxice fac mai multe victime decât cancerul de sân (19,9 față de 13,1). Dar aceste comparații folosesc acelaşi numitor (100 000 de oameni) fără să țină cont de durata expunerii la o anumită cauză a morții. Omuciderile pot să aibă loc (şi chiar aşa se întâmplă) în public şi în privat, precum şi în orice moment al zilei sau al nopții, aşa încât suntem expuşi la acest risc 24 de ore pe zi, 365 de zile pe an – dar accidentele rutiere (inclusiv cele care ucid pietoni) au loc doar atunci când o persoană conduce un vehicul, iar cei mai mulți dintre americani petrec doar circa o oră la volan în fiecare zi.

Un sistem de măsurare care ar oferi mai multe informații ar fi atunci folosirea ca numitor comun a timpului în care oamenii sunt afectați de un risc dat şi compararea din perspectiva deceselor pe persoană pe oră de expunere – adică, durata în care un individ este supus, involuntar sau voluntar, unui anumit risc. Această abordare a fost introdusă în 1969 de Chauncey Starr în evaluarea făcută asupra beneficiilor sociale şi riscurilor tehnologice şi o

consider în continuare preferabilă unei alte metrici generale – aceea a micromorților.40 Aceste unități definesc o micro probabilitate, o şansă de deces de una la un milion pentru o anumită expunere şi o exprimă pe un an, pe o zi, pe operații chirurgicale, pe zbor sau pe distanță parcursă – iar toți aceşti numitori neuniformi nu facilitează comparațiile cuprinzătoare.

Valorile generale ale mortalității (pe 1 000 de oameni) sunt bine monitorizate în lumea întreagă, atât pentru populație în general, cât şi pentru fiecare sex, după grupuri de vârstă specifice.41 Mortalitatea generală depinde în mare măsură de vârsta medie a populației. În 2019, media globală era de 7,6/1 000, în vreme ce mortalitatea în Kenya (în pofida unui nivel mai scăzut al nutriției şi ocrotirii sănătății) era mai puțin decât jumătate din cea a Germaniei (5,4 față de 11,3), pentru că vârsta medie de doar 20 de ani a Kenyei este mai puțin de jumătate din cei 47 de ani pentru Germania. Datele privind decesele cauzate de anumite boli sunt şi ele disponibile – bolile cardiovasculare reprezentând un sfert din total în SUA (2,5 / 1 000), iar cancerele o cincime (2 / 1 000) – la fel ca informațiile cauzate de accidentări (pornind de la 1,4 pentru căderi şi 1,1 pentru accidentele din mijloacele de transport, până la 0,7 pentru întâlnirile neaşteptate cu animale şi doar 0,03 pentru otrăvirile accidentale) şi dezastrele naturale.42

Anul întreg (8 766 de ore când se face corecția pentru anii bisecți) este numitorul pentru mortalitatea generală, pentru bolile cronice şi pentru dezastrele naturale de tipul cutremurelor sau erupțiilor vulcanice care se pot produce în orice moment. Dar pentru a calcula riscurile unor activități comune ca şofatul sau zborul cu avionul, trebuie să evaluăm mai întâi totalurile anumitor populații angajate în aceste activități şi apoi să estimăm media anuală a orelor de

expunere. Aceeaşi succesiune de operații se aplică şi cuantificării riscurilor de deces într-un uragan sau o tornadă: cicloanele nu se produc în fiecare zi a anului şi nu afectează în întregime țări mari.

Calcularea nivelului de referință, riscul mediu de mortalitate generală la nivelul populației sau în funcție de vârstă, este simplă. În 2019, mortalitatea generală (rata brută a deceselor) din țările înstărite (dezvoltate) este grupată în jurul valorii de 10/1 000, cu rate efective cuprinse între 8,7 pentru America de Nord şi 10,7 pentru Japonia şi 11,1 pentru Europa. Acea mortalitate anuală de 10/1 000 (cu 1 000 de oameni expuşi decesului pentru 8 766 × 1 000 ore) se distribuie proporțional la 0,000001 sau 1×10-6 pe persoană pe oră de expunere. Bolile cardiovasculare sunt principala cauză a mortalității în toate țările bogate şi reprezintă aproape un sfert din acel total (3 × 10-7). Gripa sezonieră comportă un risc cu un ordin de mărime mai mic (de obicei cam 2 × 10-8 şi până la 3× 10-8), şi chiar într-o țară predispusă la violențe ca Statele Unite, riscul de omucidere a scăzut de curând la 7 × 10-9 pe oră de expunere, jumătate din riscul de deces din cauza căderilor (1,4 × 10-8). Dar, aşa cum am menționat deja, frecvența acestui din urmă tip de moarte accidentală este foarte neuniform distribuită, persoanele de peste 85 de ani având un risc de 3 × 10-7 în comparație cu doar 9 × 10-10 pentru cele de 25 – 34 de ani.[43]

Pentru a inversa sensul concluziei privind mortalitatea generală, în țările bogate riscul general de moarte naturală se ridică la 1 persoană dintr-un milion care moare în fiecare oră; în fiecare oră, 1 persoană din circa 3 milioane moare de o boală de inimă şi una la aproximativ 70 de milioane moare ca urmare a unei căderi fatale. Astfel de probabilități sunt suficient de scăzute şi nu-l preocupă pe cetățeanul mediu al

unei țări bogate. În mod inevitabil, cifrele specifice în funcție de sex și de vârstă sunt diferite. În vreme ce în Canada mortalitatea generală pentru ambele sexe este de 7,7 / 1 000, pentru bărbații tineri (20 – 24 de ani) este de doar 0,8 / 1 000, dar pentru bărbații de vârsta mea (75 – 79 de ani) este de 35 / 1 000, astfel încât riscul pentru grupa mea de vârstă este de 4 × 10-6 pe persoană pe fiecare oră de viață, de patru ori valoarea mediei populației.44

Înainte de a trece la cuantificarea riscurilor pentru activitățile voluntare, trebuie să clarific aspectul legat de pericolele asociate cu șederile în spitale. Ele sunt inevitabile, din cauza numeroaselor boli (și, în multe țări, de asemenea în creștere pentru operații cosmetice elective), iar fluxurile mari de pacienți cresc probabilitatea producerii de erori medicale. În 1999, în primul studiu dedicat erorilor medicale care pot fi prevenite s-a constatat că în Statele Unite, anual, se produc între 44 000 și 98 000 de asemenea erori.45 A fost un total neliniștitor de mare – iar în 2016 un studiu nou a ridicat cifra la 251 454 cazuri în 2013 (și posibil la nu mai puțin de 400 000 decese), făcând din aceasta a treia cauză a mortalității în SUA în acel an, după bolile de inimă (611 000) și cancere (585 000) și înaintea bolilor respiratorii cronice (149 000).46 Aceste rezultate, preluate pe larg în mass-media, implicau că în fiecare an 35 – 38% dintre toate decesele din spitalele țării erau cauzate de erorile medicale.

Când sunt prezentate astfel, lipsa de plauzibilitate a acelor afirmații devine ușor vizibilă: cu siguranță că erori din neatenție au loc, că omisiuni regretabile se întâmplă, dar ca ele să se ridice până la oriunde între cu puțin peste o treime și aproape trei cincimi din toate decesele din spitale ar face din medicina modernă o activitate extraordinar de ineptă, dacă nu de-a dreptul criminală. Din fericire, aceste rate

ridicate ale mortalității nu au rezultat din lipsă de atenție, ci din erori în prelucrarea datelor.47· Cel mai nou studiu privind mortalitatea asociată cu efectele adverse ale tratamentelor medicale (EATM) clarifică situația: au fost găsite 123 063 asemenea decese între 1990 şi 2016 (în majoritate ca urmare a unor erori chirurgicale şi perioperative), un declin de 21,4% la 1,15 morți EATM la 100 000 de oameni.48

Bărbații şi femeile au rate similare, dar între state diferențele sunt semnificative, în California existând 0,84 morți EATM pe 100 000. În termeni absoluți, aceasta ar însemna o medie de circa 4 750 de decese pe an, mai puțin de 2% din cea mai joasă estimare publicată în 2016.49 Translatată într-o metrică de risc comparativă, aceasta rezultă în circa 1,3 × 10-6 decese pe oră de expunere, ceea ce înseamnă că orice bărbat vârstnic care citeşte această carte (al cărui risc de mortalitate generală este între 3 × 10-6 şi 5 × 10-6) îşi va creşte riscul de deces ca urmare a EATM cu nu mai mult decât circa 20 – 30% în timpul câtorva zile de şedere medie într-un spital american – iar aceasta, aş zice eu, este o concluzie foarte încurajatoare din perspectiva riscului!

Riscuri voluntare şi involuntare

Cât de mult creştem aceste riscuri de referință sau riscurile asociate cu evenimente inevitabile, cum ar fi operațiile chirurgicale de urgență sau spitalizările scurte necesare pentru evaluări medicale, expunându-ne voluntar prin participarea la o mare varietate de activități mai mult sau mai puțin riscante? Şi cât de mult ar trebui să ne îngrijoreze

riscul involuntar inevitabil care rezultă din pericole naturale ce se întind de la cutremure de pământ la inundații?

După cum am menționat deja, acestea sunt categorii utile pentru evaluarea riscului, dar distincția dintre expunerile voluntare şi cele involuntare nu este mereu evidentă. Există activități clar voluntare (de la „destul de” până la foarte riscante), cum ar fi fumatul sau sporturile extreme; şi riscuri involuntare evident inevitabile, atât la nivel individual (inclusiv pericolul extrem de mic de a fi lovit de un meteorit), cât şi la nivel colectiv, ba chiar la nivelul planetei (ciocnirea dintre Pământ şi un asteroid fiind exemplul cel mai de frunte).

Dar multe expuneri riscante nu pot fi la fel de uşor atribuite, pentru că nu există o dihotomie clară între riscurile voluntare şi cele involuntare: mersul cu maşina la serviciu poate fi o chestiune de alegere pentru o familie care şi-a construit o casă de vis în suburbii, dar este o problemă de necesitate inevitabilă pentru milioane de oameni din America de Nord cu sistemele sale de transport în masă din cale-afară de defectuoase. Iar dacă un bărbat tânăr vrea să stea în Newfoundland, nu există atât de multe alegeri pe lângă aceea de a deveni pescar sau muncitor pe o platformă petrolieră masivă, ambele fiind ocupații mult mai riscante decât să se mute în Toronto, să învețe să facă programare pe calculator şi să scrie aplicații într-un birou cu pereți de sticlă, departe de stâncile care ies din apă în Atlanticul de Nord.

Păstrând aceste complicații în minte, voi explica mai întâi riscurile asociate cu şofatul şi zborul cu avionul, activități în care, la nivel mondial, sunt implicate sute de milioane de şoferi şi de pasageri, iar în ultima vreme peste 10 milioane de călători pe calea aerului în fiecare zi. Pentru ambele

activități, trebuie să începem prin a calcula exact numărul de decese şi apoi să folosim supozițiile necesare pentru a defini populațiile afectate şi timpul cumulat de expunere la un risc dat.

Pentru şofat, este evident timpul petrecut la volan (sau ca pasager). Pentru SUA avem totalurile distanțelor parcurse în fiecare an de toate vehiculele cu motor şi de maşinile pentru pasageri (un total general recent a fost de circa 5,2 bilioane de kilometri anual) şi, după ce a scăzut mulți ani la rând, numărul deceselor rezultate în urma accidentelor rutiere a urcat uşor la circa 40 000 pe an.50 Pentru a estima timpul petrecut în deplasarea cu maşina, trebuie să parcurgem distanța parcursă la viteză medie – şi, evident, această cifră poate fi doar o aproximare justificabilă, nu o determinare exactă. Vitezele inter-oraşe prezintă mai puțină variație, dar vitezele urbane tind să scadă cu până la 40% în timpul orelor de vârf recurente. Presupunând o viteză combinată medie de 65 km/oră, obținem circa 80 de miliarde de ore de mers cu maşina anual în SUA, iar cu 40 000 de decese asta se traduce exact în 5 × 10-7 (0,0000005) decese pe oră de expunere. Nici dacă includem în numărul deceselor din trafic pietonii şi trecătorii ucişi de vehicule, nici dacă folosim alte viteze medii plauzibile (să spunem 50 sau 70 km/oră), ordinul de mărime nu s-ar schimba. Deplasarea cu maşina este cu un ordin de mărime mai periculos decât zborul cu avionul, iar în timpul în care o persoană conduce maşina, riscul mediu de a muri creşte cu circa 50% față de statul acasă sau îngrijirea unei grădini (atât timp cât asta nu include urcatul pe o scară înaltă sau lucrul cu un motoferăstrău mare).

Iar pentru bărbații din grupa mea de vârstă, riscul pe care îl presupune şofatul creşte cu doar 12% peste riscul general de deces. Riscurile şofatului în SUA prezintă de asemenea

diferențe semnificative în funcție de sex şi grupuri ale populației. Riscul pentru toată viața de a muri într-un accident rutier este de numai 0,34% pentru americancele de origine asiatică (1 din 291), dar 1,75% (1 din 157) pentru bărbații nativ-americani, în vreme ce riscul pentru toți indivizii este de 0,92% (1 din 109).51 Desigur, în alte țări, ai căror cetățeni şofează mult mai puțin decât americanii şi canadienii, dar în care incidența accidentelor este mult mai ridicată (acestea sunt de circa două ori mai răspândite în Brazilia, de trei ori mai multe în Africa sub-sahariană), riscurile cresc cu până la un ordin de mărime.52

Cursele aeriene programate, deja o activitate de risc scăzut la sfârşitul secolului trecut, au devenit apreciabil mai sigure în primele două decenii ale secolului al XXI-lea. Această concluzie rămâne în picioare în pofida unor tulburătoare pierderi recente, printre care dispariția, în continuare nerezolvată (şi care probabil că nu va fi niciodată explicată) a zborului 370 al companiei Malaysia Airlines undeva deasupra Oceanului Indian în martie 2014, urmată de doborârea zborului 17 al aceleiaşi companii aeriene deasupra Ucrainei de Est în iulie 2014, şi cele două prăbuşiri ale noului Boeing 737 MAX – zborul 610 al companiei Lion Air în Marea Java (29 octombrie 2018) şi zborul 302 al Ethiopian Airlines în apropiere de Addis Abeba (10 martie, 2019).53

Probabil că cea mai grăitoare modalitate de a compara decesele din industria aviatică este pe 100 de miliarde de pasageri-kilometri zburați. Această rată a fost de 14,3 în 2010, a atins un record minim de 0,65 în 2017, dar a crescut la 2,75 în 2019. Prin urmare, în 2019, zborul cu avionul a fost de peste cinci ori mai sigur decât în 2010 şi de peste 200 de ori mai sigur decât la începutul epocii avioanelor de linie spre sfârşitul anilor 1950.54 Exprimarea

acestor decese în termeni de riscuri pe oră de expunere este destul de simplă. În perioada 2015 – 2019, totalul mediu al deceselor accidentale a fost de 292; mediile de 68 de bilioane de pasageri-kilometri zburați și de 4,2 miliarde de pasageri înseamnă că, în medie, pasagerii au zburat fiecare 1 900 de kilometri și au petrecut circa 2,5 ore în zbor; totalul de circa 10,5 miliarde de pasageri-ore petrecute în aer și cel de 292 de decese se traduce în 2,8 × 10-8 (0,000000028) decese pe persoană pe oră de zbor. Aceasta reprezintă doar circa 3% din riscul general al mortalității în timpul zborului, iar în cazul unui bărbat septuagenar, riscul în timpul zborului crește cu doar 1%. Orice persoană care călătorește frecvent cu avionul (și chiar într-o măsură mai mare o persoană vârstnică) ar trebui să-și facă mai multe griji cu privire la întârzierile neprevăzute, trecerea prin procedurile de securitate ale aeroportului, suportarea oboselii zborurilor pe distanțe lungi și adaptarea la efectele debilitante ale schimbării de fus orar.

La extremitatea opusă a spectrului riscurilor voluntare sunt activitățile a căror durată scurtă comportă o mare probabilitate de deces. Niciuna nu este mai riscantă decât săriturile de pe stânci, turnuri, poduri și clădiri. Cel mai serios studiu al acestei nebunii a „căutatului cu lumânarea" a examinat o perioadă de 11 ani de sărituri de pe masivul Kjerag din Norvegia, unde 1 din fiecare 2 317 sărituri (9 în total) a avut ca rezultat moartea,55 cu un risc mediu al expunerii de 4 × 102 (0,04). Pentru comparație, în skydiving, un accident fatal se producea aproximativ la fiecare 100 000 de sărituri, dar ultimele date pentru SUA arată un deces la fiecare 250 000 de sărituri. La o durată tipică a coborârii de cinci minute, riscul de expunere este de numai 5 × 10-5, care tot e mai mare de 50 de ori decât dacă stai pe scaun în acele cinci minute – dar este doar circa 1/1 000 din riscul

asociat săriturilor de pe bază.[56] Şi în acest caz, doar foarte puţini oameni sunt realmente conştienţi de aceste cifre specifice, dar aproape toţi oamenii (în afară de cei puţini cu toleranţă la risc) se comportă ca şi cum le-ar fi internalizat.

În 2020, în SUA, circa 230 de milioane de persoane deţineau un permis de conducere (riscul de expunere la volan este de 5 × 10-7 pe persoană pe oră); circa 12 milioane au făcut coborâri pe pârtiile de schi (2 × 10-7 în timpul coborârii); Asociaţia de Paraşutism a Statelor Unite are circa 35 000 de membri (5 × 10-5 cât timp sunt în aer); Asociaţia de planorism şi parapantism din SUA are circa 3 000 de membri şi activitatea lor (în funcţie de lungime, zborurile durează între 20 de minute şi câteva ore) are un risc de deces între 10-4 şi 10-3; iar cu toate că săriturile de pe bază au crescut în popularitate (îndeosebi în Norvegia şi Elveţia), în SUA este în continuare restrânsă la câteva sute de participanţi, în special bărbaţi, care-şi pun soarta la bătaie înfruntând un risc de deces de 4 × 10-2 în timpul căderilor lor scurte.[57]· Relaţia accentuat invers proporţională dintre risc şi participarea generală la o activitate este evidentă: numere mari de oameni sunt dispuşi să rişte un umăr dislocat sau o gleznă scrântită în timp ce schiază pe o pârtie bine amenajată; foarte puţini se încumetă să se arunce în gol de pe buza prăpastiei.

La final, câteva cifre esenţiale referitoare la una dintre cele mai temute expuneri involuntare din perioada modernă: riscul de terorism. Între 1995 şi 2017, 3 156 de oameni au murit în urma unor atacuri teroriste pe pământ american, cu 2 996 de decese (sau 85% din acel total) pe 11 septembrie 2001.[58] Riscul de expunere individuală pe tot cuprinsul ţării a avut astfel o medie de 6 × 10-11 în timpul acestor 22 de ani, iar pentru Manhattan a fost cu două ordine de mărime mai mare, crescând riscul de a fi în viaţă

pur şi simplu cu o zecime de procent, o cantitate prea mică pentru a fi internalizată în mod semnificativ. În țările mai puțin norocoase, atacurile teroriste din ultima vreme şi-au luat un tribut mult mai mare: în Irak în 2017 (cu peste 4 300 de morți) riscul a crescut la 1,3 × 10-8, iar în Afganistan în 2018 (7 379) la 2,3 × 10-8, dar chiar şi această rată creşte riscul fundamental de a fi în viață doar cu câteva procente şi rămâne mai mic decât riscul pe care oamenii şi-l asumă în mod voluntar conducând maşina (mai ales în locuri în care nu există benzi de circulație şi cu reguli de circulație ad-hoc).59

Însă, oricât ar fi de corecte, aceste comparații mai arată şi limitele inerente ale cuantificării obiective. Majoritatea oamenilor care fac naveta la serviciu cu automobilul şofează doar la anumite ore, petrec rareori mai mult de o oră sau o oră şi jumătate pe zi pe şosea, merg pe rute familiare şi (exceptând fenomenele meteo defavorabile sau un blocaj neaşteptat în trafic) au sentimentul că dețin controlul. Prin contrast, în perioadele de vârf ale terorii, bombardamentele sau atacurile armate din Kabul sau Bagdad au avut loc la momente şi intervale imprevizibile, în multe locuri publice – de la piețe la moschei – şi nu exista nicio cale sigură de a evita complet astfel de pericole cât timp trăieşti într-un oraş. Prin urmare, ratele de expunere mai scăzute la amenințările teroriste sunt însoțite de o măsură necuantificabilă de groază, atât de diferită calitativ de faptul de a fi preocupat de posibilitatea ca şoseaua să fie acoperită cu polei când mergi dimineața cu maşina la serviciu.

Pericole naturale: mai puțin riscante decât se vede la televizor

Şi cum se compară pericolele naturale mortale recurente cu simplul fapt de a trăi şi cu riscurile sporturilor extreme? Unele ţări sunt supuse în mod repetat (dar nu foarte frecvent) la unul sau două tipuri de evenimente catastrofale – inundaţii şi vânturi extrem de puternice în cazul Regatului Unit – în vreme ce Statele Unite trebuie să facă faţă în fiecare an multor tornade şi inundaţiilor extinse, în mod frecvent uraganelor (începând din anul 2000, aproape două uragane pe an au ajuns pe uscat dinspre larg) şi căderilor masive de zăpadă, iar statele de pe coasta Pacificului sunt mereu supuse riscului unor cutremure de pământ majore şi unor posibile tsunamiuri.[60]

În fiecare an, tornadele omoară oameni şi distrug case, iar statisticile istorice detaliate ne ajută să calculăm cu exactitate riscurile de expunere. Între 1984 şi 2017, 1 994 de oameni au fost ucişi în 21 de state cu cea mai mare frecvenţă a acestor cicloane distructive (regiunea cuprinsă între Dakota de Nord, Texas, Georgia şi Michigan, cu aproape 120 de milioane de locuitori), şi circa 80% dintre decese au avut loc în şase luni ale anului, din martie până în august.[61]

Aceasta se traduce prin circa 3 × 10-9 (0,000000003)decese pe oră de expunere, un risc care este cu trei ordine de mărime mai scăzut decât simplul fapt de a trăi. Foarte puţini locuitori din statele lovite de tornade ale Americii sunt conştienţi de această rată, dar ei înţeleg – aşa cum şi locuitorii altor regiuni sunt expuşi la catastrofe naturale recurente – că probabilitatea de a fi ucis de o tornadă este suficient de mică şi, în consecinţă, riscul de a locui în continuare în astfel de regiuni rămâne acceptabil. Imaginile pe larg ale distrugerilor provocate de tornadele puternice îi

fac pe cei care văd aceste filmări şi locuiesc în regiuni în care condițiile atmosferice sunt mai puțin violente să se întrebe de ce oamenii declară că îşi vor reconstrui casele în acelaşi loc. Dar astfel de decizii nu sunt nici iraționale, nici nesăbuit de riscante, şi datorită lor milioane de oameni continuă să locuiască pe Aleea Tornadelor, care se întinde din Texas până în Dakota de Sud.

În mod remarcabil, calculele privind riscul de expunere la alte dezastre naturale des întâlnite din jurul lumii converg spre acelaşi ordin de mărime (10-9) sau ne dau chiar rate mai mici. Din nou, aceste rate medii scăzute de expunere la pericole mortale ne ajută să explicăm de ce țări întregi ajung să se împace cu ideea riscului mereu prezent de cutremure. Între 1945 şi 2020, cutremurele de pământ din Japonia (care pot afecta orice parte a acestei țări insulare) au ucis circa 33 000 de oameni, mai mult de jumătate fiind consecința cutremurului şi tsunamiului însoțitor din 11 martie 2011 (15 899 de decese şi 2 529 persoane dispărute).62 Dar pentru o populație care a crescut de la 71 de milioane în 1945 la aproape 127 milioane în 2020, rezultă circa 5 × 10-10 (0,0000000005) decese pe oră de expunere, cu patru ordine de mărime mai mică decât rata de mortalitate generală a țării. În mod evident, adăugarea lui 0,0001 la 1 nu poate constitui un factor decisiv care să schimbe evaluarea generală a riscurilor legate de viață.

Inundațiile şi cutremurele din cele mai multe părți ale lumii comportă riscuri de expunere în majoritate de ordine cuprinse între 1 × 10-10 şi 5 × 10-10, iar rata de după 1960 pentru uraganele americane (afectând potențial 50 de milioane de oameni din statele de pe coastă, de la Texas la Maine, şi ucigând, în medie, cam 50 de oameni pe an) a fost de circa 8 × 10-11.63 Aceasta este o rată remarcabil de scăzută – fie foarte similară, fie poate chiar mai scăzută

decât ceea ce majoritatea oamenilor ar considera un risc natural extrem de mic: să fii omorât de un trăsnet. În anii din urmă, trăsnetele au ucis mai puțin de 30 de oameni pe an în SUA, iar când presupunem că pericolul respectiv poate apărea doar când stăm afară (în medie, câteva ore pe zi) şi în cele şase luni din aprilie până în septembrie (când au loc 90% dintre toate trăsnetele), riscul se ridică la circa 1 × 10-10, în vreme ce extinderea perioadei de expunere la 10 luni îl coboară la valoarea de 7 × 10-11 (0,00000000007).64

Faptul că uraganele din SUA prezintă acum un risc de deces care nu e mai mare decât cel al trăsnetelor ilustrează faptul că efectele lor letale a fost reduse de sateliți, de avertizările publice în avans şi de evacuări. În acelaşi timp, există motive de îngrijorare, căci atât frecvența anuală pe plan mondial a dezastrelor naturale, cât şi costurile lor economice au crescut. Putem afirma asta cu un grad ridicat de încredere fiindcă cele mai mari companii de asigurări din lume (ale căror profituri şi pierderi depind de aparițiile imprevizibile ale cutremurelor, uraganelor, inundațiilor şi incendiilor) au monitorizat cu atenție tendințele acestor fenomene vreme de decenii.

Asigurările reprezintă o practică foarte veche de furnizare a unor diferite grade de compensare pentru o varietate de riscuri. În vreme ce asigurările de viață se bazează pe rate de supraviețuire foarte previzibile, asigurarea în caz de pericole naturale majore şi imprevizibile forțează companiile de asigurări să împartă riscurile asociate cu astfel de dezastre prin procurarea de asigurări pentru ele însele. Ca rezultat, cele mai mari companii de asigurări din lume (Re din Elveția, Munich Re şi Hannover Rueck din Germania, SCOR din Franța, Berkshire Hathaway din SUA şi Lloyd’s din Regatul Unit) sunt entitățile care studiază cel mai asiduu catastrofele naturale deoarece însăşi existența lor

depinde de realizarea unor evaluări corecte. Pentru a evita creşterea pierderilor asigurate, ele nu trebuie să-şi stabilească primele de asigurare pe baza unor cifre depăşite, care să subestimeze riscurile viitoare.

Numerele tuturor catastrofelor naturale înregistrate de Munich Re arată fluctuații aşteptate de la an la an, dar tendința crescătoare a fost inconfundabilă: o creştere lentă între 1950 şi 1980, o dublare a frecvenței anuale între 1980 şi 2005 şi o creştere cu circa 60% între 2005 şi 2019.63 Pierderile economice totale (reflectând sarcini excepționale izvorâte din dezastre majore) prezintă fluctuații anuale şi mai mari şi o tendință de creştere chiar mai abruptă. Dacă se măsoară în bani ajustați la inflație la nivelul lui 2019, recordul de dinainte de 1990 a fost de circa 100 de miliarde de dolari, în vreme ce 2011 a stabilit un record al tuturor timpurilor de puțin peste 350 de miliarde de dolari, iar acel total a fost aproape repetat în 2017. Pierderile asigurate s-au situat în cea mai mare parte între 30 şi 50% din totalul pierderilor, atingând în 2017 un record de aproape 150 de miliarde.

Până în anii 1980, efectele crescânde ale dezastrelor au fost atribuite în principal expunerii mai mari (rezultând din creşterea populațiilor şi a economiilor) şi, cu toate că această tendință se menține – există mai mulți oameni cu mai multe proprietăți asigurate, care locuiesc în regiuni predispuse la dezastre – în deceniile din urmă s-au înregistrat schimbări privind pericolele naturale: o atmosferă mai caldă menține mai mulți vapori de apă (crescând riscurile de precipitații extreme); secetele prelungite din unele regiuni cauzează incendii recurente de o durată şi o intensitate extreme. Multe modele prognozează acum o intensificare şi mai mare a acestor tendințe, dar mai ştim că multe măsuri eficiente – de la stabilirea unor zone de

excluziune şi refacerea zonelor mlăştinoase la legiferarea codurilor urbanistice – pot fi luate pentru a reduce impactul acestora.

Pentru a obține riscuri şi mai mici din expunerile la pericole naturale sau artificiale, trebuie să căutăm evenimente cu adevărat excepționale, cum ar fi oameni ucişi de căderile unor meteoriți sau de resturile provenite de la numărul tot mai mare de sateliți aflați pe orbite în jurul Pământului. Un raport al Consiliului Național de Cercetare al SUA a estimat că, dată fiind cantitatea de deşeuri spațiale care ajung pe Pământ, ar trebui să se producă 91 de decese pe an – iar asta ar implica aproximativ 1 × 10-12 decese pe oră de expunere pentru populația de 7,75 de miliarde a globului. În realitate, începând din 1900 nu s-a înregistrat niciun astfel de deces şi doar de curând prima dovadă scrisă despre un meteorit care a ucis un om (şi l-a lăsat pe altul paralizat) a fost descoperită printre manuscrisele de la Directoratul General al Arhivelor de Stat ale Imperiului Otoman: evenimentul a avut loc pe 22 august 1888, în localitatea numită acum Sulaumaniyah din Irak.66 Dar chiar dacă o persoană ar fi ucisă în fiecare an, rata ar fi de numai 10-14 – sau cu opt ordine de mărime mai mică (1/100 000 000 din valoare) decât cea corespunzătoare simplului fapt de a trăi, aşa încât în mod clar nu e un motiv de îngrijorare.67· Cât despre reziduurile spațiale aflate pe orbită, în 2019 existau circa 34 000 de bucăți mai mari de 10 centimetri şi de peste 25 de ori mai multe fragmente măsurând 1 – 10 centimetri. Toate aceste fragmente se dezintegrează la reintrarea în atmosferă, dar chiar şi bucățile mici prezintă riscuri de coliziune în spațiul tot mai aglomerat al primei orbite.68

Sfârşitul civilizației noastre

Când ne gândim la riscurile rare, dar cu adevărat extraordinare, care au efecte la nivel planetar şi, chiar mai mult, când contemplăm evenimentele catastrofale care ar putea să vatăme grav sau chiar să pună capăt civilizației moderne, facem aceste lucruri de pe un plan mental cu totul diferit: acele riscuri reale (chiar dacă sunt foarte mici) aparțin unei categorii de percepție foarte diferite. La fel ca în cazul oricărui eveniment care ar putea avea loc într-un viitor posibil, dar foarte îndepărtat, le subestimăm efectul şi, după cum ne-a demonstrat din nou pandemia din 2020, suntem nepregătiți cronic să abordăm chiar şi acele riscuri a căror recurență se măsoară în decenii, darămite în secole sau milenii.

Riscurile cu impact cu adevărat planetar intră în două categorii foarte diferite: pandemiile virale relativ frecvente, care pot face un număr considerabil de victime în doar câteva luni sau câțiva ani; şi catastrofele naturale excepțional de rare, dar neobişnuit de mortale, care pot avea loc în intervale de timp scurte (de câteva zile, ore sau secunde), dar ale căror consecințe ar putea să persiste nu doar timp de secole, ci chiar timp de milioane de ani, depăşind cu mult orice orizonturi civilizaționale. Dacă o supernova din apropiere ar exploda şi ar inunda Pământul cu doze letale de radiație de la razele cosmice, am avea suficient timp (între sosirea luminii şi răspândirea radiației) ca să improvizăm nişte adăposturi pentru cea mai mare parte a populației globului?69 Dar ar trebui asta să fie o preocupare, până la urmă?

O explozie care să deterioreze stratul de ozon al Pământului ar trebui să aibă loc la mai puțin de 50 de ani-lumină depărtare, dar toate stelele „apropiate” de noi care ar putea

să explodeze se află la o distanță mult mai mare şi, cu toate că o rafală de radiații gamma ar putea afecta planeta noastră de la 10 000 de ani-lumină o dată la fiecare 15 milioane de ani, cea mai apropiată asemenea explozie înregistrată a fost la 1,3 miliarde de ani-lumină distanță.7·0 În mod clar, acest risc aparține unei categorii în mare parte academice – în loc să încercăm să ghicim când s-ar putea întâmpla, ar trebui, dată fiind frecvența unor astfel de evenimente, să întrebăm: o să ajungă vreo civilizație extraterestră în preajma noastră în, să spunem, 150 000 sau într-o jumătate de milion de ani? Deşi, prin comparație, ar fi un eveniment mai probabil, calcularea riscului unei viitoare ciocniri inevitabile a Pământului cu un asteroid este un alt exercițiu în incertitudini şi supoziții ale căror particularități sunt extraordinar de importante. Ciocniri cu asteroizii sau comete mari au avut loc în trecut şi vor mai avea loc în viitor – dar presupunem că o ciocnire majoră are loc la fiecare 100 000 de ani sau o dată la fiecare 2 milioane de ani?7·1

Pe o scară de timp geologică, acestea sunt intervale de timp relativ scurte, dar sunt mult prea lungi pentru vreun calcul lămuritor al riscurilor probabile pe an (ca să nu mai vorbim despre „pe oră de expunere"). Mai mult, consecințele la nivel planetar ar fi foarte diferite dacă un astfel de obiect ar cădea în Oceanul Pacific sau în apropiere de Antarctica, decât dacă ar lovi Europa de Vest sau estul Chinei. În primul caz, mare parte din daune s-ar produce în urma unui tsunami monstruos, dar (în funcție de dimensiunea asteroidului) e posibil ca în atmosferă să ajungă o cantitate mică de praf. În al doilea şi în al treilea caz, impactul ar distruge instantaneu mari concentrări ale populației şi activității industriale şi ar arunca în atmosferă mase enorme de rocă

pulverizată, creând o răcire pronunțată la nivelul întregii planete.

Americanii n-ar trebuit să-şi facă griji nici în privința supernovelor sau asteroizilor, dar dacă vor să se sperie pe ei înşişi gândindu-se la o catastrofă naturală inevitabilă (şi încă una care să se producă în unul dintre locurile mult iubite ale țării!), atunci ar trebui să ia în considerare o nouă megaerupție a supervulcanului Yellowstone.7·2 Dovezile geologice arată că în ultimele 15 milioane de ani au avut loc nouă erupții, cu ultimele trei erupții cunoscute producându-se cu 2,1 milioane de ani, 1,3 milioane şi 640 000 de ani în urmă. Bineînțeles, datarea a doar trei evenimente nu oferă nicio bază pentru a prezice vreo periodicitate, dar un gând tot se strecoară în minte: dacă luăm intervalul mediu dintre erupții de 730 000 de ani, am mai avea la dispoziție 90 000 de ani de aşteptare, dar dacă primul interval a fost de 800 000 de ani, iar al doilea de 660 000 de ani, atunci o scurtare similară ar arăta că următorul interval ar urma să fie de 520 000 de ani – aşa încât termenul pentru o nouă erupție ar fi deja depăşit cu 100 000 de ani!

Şi, oricare ar fi intervalul, consecințele ar depinde de magnitudinea erupției, de durata ei şi de vânturile dominante. Ultima erupție a eliberat circa 1 000 de kilometri cubi de cenuşă vulcanică, iar vânturile predominant nord-vestice aveau să poarte norul deasupra statului Wyoming (unde depozitele cele mai adânci ar putea fi groase de câțiva metri), Utah şi Colorado şi mai departe în Marile Câmpii, afectând statele de la Dakota de Sud la Texas şi îngropând o parte din cel mai productiv teren agricol sub 10 – 50 de centimetri de cenuşă. Combinația dintre avertizarea timpurie (ca urmare a monitorizării constante a activității seismice) şi o erupție prelungită dar mai slabă ar putea face posibilă evacuarea la scară largă, caz în care pierderile de

locuințe, infrastructură şi terenuri cultivabile ar fi mult mai mari decât victimele imediate. Un strat subțire de cenuşă vulcanică depusă ar putea fi îngropat în sol (şi chiar să-i crească fertilitatea), dar straturile mai groase ar fi greu de îndepărtat şi ar reprezenta pericole suplimentare după ce ploile şi topirea zăpezii le-ar disloca, ceea ce ar avea ca rezultat formarea de mâl şi inundații, creând probleme pentru deceniile viitoare.

Poate cel mai bun exemplu de risc natural care nu ar ucide în mod direct pe nimeni, dar ar cauza distrugeri la nivelul întregii planete şi ar provoca un număr mare de victime indirecte, este posibilitatea unei furtuni geomagnetice catastrofale cauzate de o ejecție de masă coronară.7·3 Corona este stratul exterior al atmosferei Soarelui (poate fi observat fără instrumente speciale doar în timpul unei eclipse solare totale) şi este, paradoxal, de sute de ori mai fierbinte decât suprafața Soarelui. Ejecțiile de masă coronară sunt expulzări uriaşe (miliarde de tone) de material accelerat exploziv, care poartă cu el un câmp magnetic încorporat, a cărui forță o depăşeşte cu mult pe cea a vântului solar de fond şi a câmpului magnetic interplanetar. Ejecțiile coronare încep cu răsucirea şi reconfigurarea câmpului magnetic în partea de jos a stratului; ele produc explozii solare şi se pot deplasa (extinzându-se în timp ce avansează) cu viteze de aproape 3 000 km/s (atingând Pământul în numai 15 ore).

Cea mai mare ejecție de masă coronară cunoscută a început în dimineața zilei de 1 septembrie 1859, în timp ce Richard Carrington, un astronom britanic, observa şi desena o pată solară de mari dimensiuni care emitea o explozie solară apreciabilă, în formă de rinichi.7·4 Aceasta s-a întâmplat înainte de primele telefoane (1877) şi cu peste două decenii înainte de prima generare comercială centralizată de

electricitate (1882), aşa încât efectele notabile au fost doar apariţii ale unor aurore intense şi distrugeri ale noii reţele de telegraf aflate în plină extindere şi a cărei instalare începuse în anii 1840: firele scoteau scântei, mesajele erau întrerupte sau continuau în moduri bizar trunchiate, operatorii sufereau şocuri electrice şi s-au declanşat accidental şi unele incendii.

Câteva dintre cele mai de impact evenimente ulterioare au avut loc între 2 octombrie şi 1 noiembrie 1903 şi 13 – 15 mai 1921, când extinderea legăturilor telefonice cu fir şi a reţelelor de electricitate era încă destul de limitată chiar şi în Europa şi America de Nord, şi foarte puţin prezentă în alte locuri. Dar am avut o avanpremieră a ceea ce ar putea face astăzi o ejecţie de masă coronară în martie 1989, când un eveniment mult mai mic (non-Carrington) a dat peste cap toată reţeaua care alimenta cele şase milioane de locuitori ai oraşului Quebec timp de nouă ore.7·5 După mai bine de trei decenii, am devenit mult mai vulnerabili: nu trebuie să ne gândim decât la toată infrastructura electronică, de la telefoane mobile la e-mail, la operaţiunile bancare internaţionale şi la navigaţia ghidată prin GPS a tuturor vaselor şi aeronavelor, iar acum şi a zecilor de milioane de automobile.

Am afla despre un astfel de fenomen înainte să ne lovească. Supravegherea permanentă a activităţii solare ar detecta instantaneu orice ejecţie de masă şi ne-ar avertiza cu cel puţin 12 – 15 ore înainte de şoc. Dar numai când ejecţia ar ajunge în punctul în care am plasat Observatorul Solar şi Heliosferic (SOHO), cam la 1,5 milioane de kilometri depărtare de Pământ, am putea să-i evaluăm intensitatea, iar în acel moment timpul de reacţie s-ar reduce la mai puţin de o jumătate de oră, probabil chiar la doar 15 minute.7·6 Chiar dacă daunele provocate ar fi limitate, tot ar

însemna ore sau zile de comunicații şi funcționări de rețea electrică întrerupte şi o furtună geomagnetică masivă ar tăia toate aceste legături la scară planetară, lăsându-ne fără electricitate, fără informații, fără transporturi, fără capacitatea de a face plăți cu cardul sau retrageri de bani din bănci.

Ce ne-am face dacă refacerea completă a tuturor acestor infrastructuri vitale, dar grav avariate, ar dura ani, poate chiar un deceniu? Estimările privind daunele globale diferă printr-un ordin de mărime, de la 2 bilioane la 20 de bilioane de dolari7·7· – dar asta se referă doar la costuri, nu la valoarea vieților pierdute în timpul intervalului prelungit fără comunicații, iluminat, aer condiționat, echipamente spitaliceşti, refrigerare şi producție industrială (şi, în consecință, fără inputuri adecvate în agricultură).

Dar există şi veşti bune. Un studiu din 2012 a estimat că producerea unui alt Eveniment Carrington în următorii zece ani ar avea o probabilitate de 12% – sau o şansă din opt, şi a subliniat că prezența rară a acestor evenimente extreme face ca rata lor de producere să fie dificil de estimat, „iar prezicerea unui anumit eveniment viitor este practic imposibilă”.7·8 Dată fiind această incertitudine, nu este surprinzător că în 2019 un grup de cercetători din Barcelona a calculat că riscul nu este mai mare de 0,46 – 1,88% pe parcursul anilor 2020 şi prin urmare chiar şi rata cea mai mare ar însemna şanse de 1 la 53, o probabilitate considerabil mai liniştitoare.7·9 Iar în 2020, un grup de la Carnegie Mellon a oferit o estimare şi mai scăzută, punând o probabilitate decadală (10 ani) ca fiind între 1% şi 9% pentru un eveniment având cel puțin amploarea marelui eveniment din 2012, şi între 0,02% şi 1,6% pentru amploarea Evenimentului Carrington din 1859.80 Deşi mulți experți cunosc foarte bine aceste posibilități şi faptul

că potențialele consecințe ar fi enorme, este în mod clar unul dintre acele riscuri (similar unei pandemii) pentru care nu vom putea fi niciodată pregătiți în mod adecvat: va trebui să sperăm că următorul eveniment de ejecție coronară nu va egala sau depăşi Evenimentul Carrington.

Chiar dacă nu este ceea ce vrea lumea să audă în prezent, adevărul nefast este că pandemiile virale vor reapărea în mod garantat cu o frecvență relativ ridicată şi, deşi au în mod inevitabil caracteristici comune, ele sunt imprevizibil de specifice în impactul pe care îl au. La începutul anilor 2020, în lume trăiau circa un miliard de oameni cu vârsta peste 62 de ani şi toți trecuseră prin trei pandemii virale în cursul vieții lor: 1957-1959 (H2N2), 1968-1970 (H3N2), şi 2009 (H1N1).81 Cea mai bună reconstrucție a mortalității totale pentru pandemia din 1957 – 1959 a fost de 38/100 000 (1,1 milioane de morți la o populație globală de 1,87 miliarde), pandemia din 1968 – 1970 a avut o mortalitate de 28/100 000 (1 milion de morți, populație globală de 3,55 miliarde), în vreme ce evenimentul din 2009 a avut o virulență joasă şi o mortalitate nu mai mare de 3/100 000 (circa 200 000 de morți; populație globală de 6,87 miliarde).87·

Apariția următorului eveniment era doar o chestiune de timp, dar după cum am mai spus, nu suntem niciodată pregătiți pentru aceste pericole cu frecvență relativ joasă. În clasificarea celor mai mari riscuri globale pe care Forumul Economic Mondial a făcut-o anual între anii 2007 şi 2015, prăbuşirea prețului activelor, crizele financiare şi o cădere majoră a sistemului financiar au fost în frunte de opt ori (evident, ecouri ale crizei din 2008) şi crizele legate de apă o dată, în vreme ce pericolul pandemic nu a apărut nici măcar o singură dată în primele trei riscuri.83 Cam atât se poate spune despre previziunile colective ale decidenților planetei! Iar când COVID-19 (provocată de SARS-CoV-2) a sosit,

Organizația Mondială a Sănătății a așteptat până pe 11 martie 2020 ca să proclame o pandemie globală, iar primele ei recomandări (reluate de multe guverne) erau împotriva suspendării zborurilor internaționale și împotriva purtării măștilor.84

Evident, vom putea să cuantificăm mortalitatea totală a COVID-19 abia după ce această ultimă pandemie se încheie. Între timp, cea mai bună metodă de evaluare a poverii pandemice recurente este să o comparăm cu mortalitatea provocată de probleme respiratorii asociată cu gripa sezonieră globală. Cea mai detaliată evaluare pentru anii 2002 – 2011 a arătat o medie de 389 000 de decese (cu valori cuprinse între 194 000 și 518 000), după excluderea sezonului pandemic 2009.85 Aceasta înseamnă că gripa sezonieră reprezintă cam 2% din toate decesele anuale provocate de probleme respiratorii și că mortalitatea ei reprezintă în medie 6/100 000 – sau 15 – 20% din ratele deceselor înregistrate în ultimele două pandemii ale secolului trecut (1957 – 1959 și 1968 – 1970). Dintr-o perspectivă inversată, prima pandemie a provocat un număr de victime de peste șase ori mai mare, iar a doua de aproape cinci ori mai mare decât tributul în vieți omenești luat de gripa sezonieră.

Mai mult, se remarcă o diferență importantă în mortalitatea specifică în funcție de vârstă. Aproape fără excepție, mortalitatea gripei sezoniere afectează într-o măsură mult mai mare persoanele vârstnice, 67% dintre decese fiind din rândul celor de peste 65 de ani. Prin contrast, abominabilul val secund al pandemiei din 1918 a lovit în mod disproporționat persoanele de treizeci și ceva de ani, iar pandemia din 1957 – 1959 a avut o frecvență în formă de U a mortalității, afectând disproporționat copiii de 0 – 4 ani și vârstnicii de peste 60 de ani; în vreme ce mortalitatea

cauzată de COVID-19 a fost, similar cu gripa sezonieră, puternic concentrată în grupa de vârstă de peste 65 de ani, în special în rândul celor cu comorbidități semnificative, şi a lăsat neafectați copiii, un fapt remarcabil.86

Ştim că multe morți în exces printre persoanele vârstnice nu pot fi prevenite: este o parte din prețul pe care trebuie să-l plătim pentru eforturile încununate de succes prin care am mărit speranța de viață (în multe țări bogate cu peste 15 ani față de anii 1950).87· Pe un certificat de deces poate scrie COVID-19 sau pneumonie virală, dar asta este doar etichetarea proximă – cauza adevărată este că majoritatea oamenilor nu au fost concepuți să trăiască fără probleme de sănătate subiacente în timp ce tot forțăm limitele speranței de viață. Datele provizorii privind COVID-19 publicate de CDC stabilesc clar acest lucru: în timpul săptămânii de vârf a mortalității cauzate de COVID-19 în SUA (care s-a sfârşit pe 18 aprilie 2020), oamenii de peste 65 de ani au suferit 81% din toate decesele, iar cei mai tineri de 35 de ani, doar 0,1%.88 Situația este foarte diferită de pandemia din anii 1918 – 1920, când au murit 50 de milioane de oameni. Ştim acum că majoritatea acelor decese a fost cauzată de pneumonia bacteriană: circa 80% dintre culturile prelevate din țesuturile pulmonare conservate conțineau bacterii care au provocat infecția pulmonară secundară – la acea dată, cu aproape un sfert de secol înainte ca antibioticele să devină disponibile, nu aveam niciun tratament pentru acea boală.89

Mai mult, bolnavii de tuberculoză aveau o probabilitate mai mare decât alții să moară de gripă, iar această legătură ne ajută şi să explicăm mortalitatea neobişnuită a pandemiei din 1918 – 1920 în rândul persoanelor de vârstă mijlocie, ca şi preponderența ei la bărbați (ca urmare a incidenței diferențiate a tuberculozei).90 Dat fiind că tuberculoza a fost

în esență eradicată în țările bogate, iar pneumonia se poate trata cu antibiotice, putem să evităm reapariția unor rate de mortalitate ridicate, dar chiar şi cu campaniile noastre anuale de vaccinare contra gripei nu putem preveni mortalitatea sezonieră semnificativă, iar supraviețuirea persoanelor celor mai vârstnice va fi mereu pusă la încercare de fiecare dată când se produce o pandemie globală.

Acesta este un risc în mare parte autoprovocat, reversul creşterii speranței de viață, şi îl putem minimiza izolându-i pe cei mai vulnerabili dintre noi şi dezvoltând vaccinuri mai eficiente – dar nu îl putem elimina.

Unele atitudini durabile

În ceea ce priveşte riscul, multe truisme par a fi permanente. Ca indivizi, putem exercita un oarecare control. Multor oameni nu li se pare dificil să se abțină de la fumat sau de la consumul de alcool şi droguri, şi preferă să stea acasă decât să plece într-o croazieră împreună cu 5 000 de pasageri şi 3 000 de membri ai echipajului în toiul unei epidemii de coronavirus sau noro-virus. Alții tânjesc după toate cele de mai sus şi nu caută să reducă nici măcar riscurile care ar fi cel mai simplu – şi mai puțin costisitor – de redus. Să-ți pui mereu centura de siguranță, să nu depăşeşti niciodată viteza maximă legală, să conduci maşina defensiv şi să instalezi senzori de fum, monoxid de carbon şi de gaze naturale în locuință sunt modalități gratuite sau foarte ieftine de a reduce riscurile legate de şofat sau de traiul în construcții încălzite prin arderea combustibililor fosili.

Mai mult, celor mai mulți dintre oameni şi majorității guvernelor li se pare dificil să gestioneze evenimentele cu probabilitate mică, dar cu impact mare (reflectat în pierderi mari). Să închei o asigurare de bază pentru locuințe este un lucru (adesea e obligatoriu); să investeşti în construcții rezistente la cutremure – fie ca individ, fie ca societate – pentru a minimiza efectele a ceea ce probabil că ar fi un eveniment petrecut o dată într-un secol este cu totul altceva. California a subvenționat programul de recondiționare seismică destinat caselor construite înainte de 1980 (ancorând sau ancorând şi fixând casele de fundațiile lor, în conformitate cu legea construcțiilor din 2016) – dar majoritatea jurisdicțiilor confruntate cu riscuri seismice similare nu au făcut acest lucru.91

Dar multe expuneri sunt dificile, dacă nu chiar imposibil de evitat, deoarece (cum am afirmat deja) în unele cazuri nu există o dihotomie clară între riscurile voluntare şi cele involuntare. Şi în cea mai mare parte riscurile scapă de sub controlul nostru. Nu ne putem alege părinții şi, prin urmare, nu putem evita o predispoziție genetică la un mare număr de boli comune sau rare, inclusiv unele forme de cancer, diabet, probleme cardiovasculare, astm şi câteva tulburări autozomale recesive, printre care fibroza chistică, anemia cu celule falciforme şi boala Tay-Sachs.92 Pentru a reduce riscurile asociate cu toate dezastrele locale sau regionale, ar trebui să eliminăm din categoria regiunilor locuibile zone mari ale planetei – în special cele supuse la megacutremure şi erupții vulcanice recurente (Cercul de Foc al Pacificului), vânturi ciclonice distructive şi inundații catastrofale.93

Dat fiind că acest lucru este în mod evident imposibil pe o planetă tot mai aglomerată, singura cale de a creşte şansele de supraviețuire în acele condiții este să se ia măsuri de precauție – clădirile protejate seismic (consolidate cu oțel)

nu îi vor îngropa pe locatari în timp ce construcțiile din jur se prăbuşesc; adăposturile contra tornadelor vor salva familii care apoi îşi vor reconstrui locuințele făcute una cu pământul – şi să se implementeze sisteme eficiente de avertizare timpurie şi planuri de evacuare în masă pentru a reduce pierderile de vieți omeneşti cauzate de cicloane, inundații şi erupții vulcanice. În vreme ce astfel de măsuri ar putea salva nu doar sute, ci sute de mii de vieți, posibilitățile noastre de apărare sunt limitate sau chiar cu totul inexistente împotriva unor catastrofe gigantice, cum ar fi tsunamiurile declanşate de cutremurele de pământ masive sau mega-erupțiile vulcanice, şi a unor perioade de secetă regională prelungită ca urmare a ciocnirii Pământului cu un asteroid sau o cometă.

Un alt set de truisme se aplică evaluărilor pe care le facem în privința riscurilor. De obicei, subestimăm riscurile voluntare şi familiare, dar exagerăm în mod repetat expunerile involuntare şi nefamiliare. Supraestimăm în mod constant riscurile izvorâte din experiențele şocante recente şi subestimăm riscul unor evenimente după ce se estompează în memoria noastră colectivă şi instituțională.94 După cum am menționat deja, circa un miliard de oameni au trecut prin trei pandemii în timpul vieții lor, dar când a izbucnit pandemia COVID-19, referințele s-au făcut în mod covârşitor la episodul din 1918, pentru că cele trei pandemii mai recente (dar mai puțin letale) – spre deosebire de mult temuta frică de poliomielită din anii 1950 sau de SIDA din anii 1980 – au lăsat impresii dintre cele mai superficiale sau nu au lăsat niciun fel de impresie.95

Această amnezie are nişte explicații evidente. Pandemia din 2009 a fost în esență imposibil de distins de o gripă sezonieră şi nici în cele din anii 1957 – 1959 sau din 1968 – 1970 nu am recurs la lockdownuri complete la nivel

național sau continental. Statisticile ajustate la inflație privind producția economică mondială sau a Statelor Unite nu a arătat vreo inversare a ratelor de creştere pe termen lung în niciuna dintre pandemiile din a doua jumătate a secolului XX.96 Mai mult, acest din urmă episod a coincis cu o expansiune semnificativă a curselor aeriene intercontinentale: primul avion de linie cu fuzelaj larg, Boeing 747, a zburat pentru prima dată în 1969.97· Şi, probabil cel mai important aspect, nu aveam televiziuni de ştiri cu program nonstop cu ataşamentul lor morbid față de anunțarea ultimelor statistici legate de numărul victimelor, nici internetul doldora de afirmații ridicole privind cauzele şi tratamentele şi de teorii ale conspirației şi, în consecință, niciunul dintre mijloacele anistorice, dar isterice de difuzare a ştirilor din epoca modernă.

Aşa cum COVID-19 a demonstrat încă o dată (şi la o scară care trebuie să-i fi surprins chiar şi pe cei care nu se aşteaptă niciodată la veşti bune), suntem mereu surprinşi nepregătiți pentru a gestiona riscurile recurente cu impact mare, dar cu frecvență relativă joasă, cum ar fi pandemiile virale, care au loc o dată într-un deceniu, o dată în decursul unei generații sau o dată într-un secol. Şi atunci cum am face față (lăsând la o parte toate rapoartele şi analizele) unui nou Eveniment Carrington sau unui asteroid care ar lovi oceanul în apropierea Insulelor Azore şi ar provoca un tsunami circumatlantic masiv de aceeaşi magnitudine precum acela cauzat de cutremurul Tohoku din 2011 – adică, înalt de până la 40 de metri şi ajungând până la 10 kilometri în interior?98

Iar lecțiile pe care le desprindem din urmările evenimentelor catastrofale majore nu sunt deloc raționale. Exagerăm probabilitatea recurenței lor şi respingem orice aducere aminte a faptului că (lăsând la o parte şocul) efectele lor

efective la nivel uman şi economic au fost comparabile cu consecințele multor riscuri ale căror consecințe cumulate nu au dat naştere unor preocupări extrem de serioase în acest sens. Prin urmare, teama de alte atacuri teroriste grave a determinat Statele Unite să ia măsuri extreme pentru prevenirea lor. Acestea au inclus războaie care au costat multe bilioane de dolari în Afganistan şi Irak, împlinind dorința lui Osama bin Laden de a atrage țara în conflicte năucitor de asimetrice care aveau să-i erodeze forța pe termen lung.99

Reacția populației la riscuri este ghidată mai mult de o teamă de ceea ce este nefamiliar, necunoscut sau prost înțeles, decât de orice evaluare comparativă a consecințelor reale. Când sunt implicate astfel de reacții emoționale puternice, oamenii se concentrează excesiv pe posibilitatea unui rezultat temut (moartea în urma unui atac terorist sau a unei pandemii virale), decât pe a încerca să țină cont de probabilitatea ca un astfel de rezultat să se producă.100 Teroriştii au exploatat mereu această realitate, forțând guvernele să ia măsuri extrem de costisitoare pentru a preveni alte atacuri, neglijând în mod repetat să ia măsuri care ar fi putut salva mai multe vieți la un cost mult mai scăzut pe fiecare moarte evitată.

Nu există ilustrare mai bună a neglijării măsurilor ieftine de salvare a vieților decât atitudinea americanilor față de violența armată. Nici cele mai şocante reiterări ale omuciderilor în masă, prea bine cunoscute de toată lumea (întotdeauna primul meu gând se duce către cei 26 de oameni, dintre care 20 de copii de şase şi şapte ani, împuşcați în 2012 în Newtown, Connecticut) nu au reuşit să modifice legislația, iar în al doilea deceniu al secolului al XXI-lea circa 125 000 de americani au fost ucişi de arme (totalul omuciderilor, excluzând sinuciderile): această cifră

este echivalentul populației din Topeka, Kansas sau Athens, Georgia sau Simi Valley, California – sau a orașului german Göttingen.101 Prin contrast, 170 de americani au murit în toate atacurile teroriste din SUA din al doilea deceniu al secolului XXI, o diferență de aproape trei ordine de mărime. 102 Când comparăm această cifră cu accidentele rutiere, numărul victimelor este distribuit și mai neuniform: așa cum am văzut mai sus, în comparație cu femeile asiatice americane, în cazul bărbaților nativi americani există o probabilitate de cinci ori mai mare să moară în mașinile lor, dar în cazul bărbaților afro-americani există o probabilitate de 30 de ori mai mare să fie uciși de o armă de foc.103

Am vreo concluzie la finalul acestui capitol? Poate că da, cu condiția să recunoaștem aceste realități fundamentale: să cerem o existență lipsită de riscuri înseamnă să cerem ceva aproape imposibil – în timp ce strădania de minimizare a riscurilor rămâne principala motivație a progresului uman.

Capitolul 6

Să înțelegem mediul înconjurător

Singura biosferă pe care o avem

Subtitlul acestui capitol este deliberat preventiv. Refuz să iau în considerare orice posibilitate pe termen scurt de a părăsi Pământul și de a înființa o civilizație pe o altă

planetă. Fac asta deoarece, în această lume post-factuală, ideile despre găsirea în scurt timp a unui nou sălaş celest – în special, terraformarea lui Marte[1] – au fost prezentate ca variante posibile de rezolvare decisivă a problemelor celei de-a treia planete care se roteşte pe orbită în jurul Soarelui. Acesta este încă unul dintre subiectele preferate ale literaturii sci-fi, care va rămâne limitată la istorisirile acestui gen: chiar dacă am dispune de mijloace necostisitoare de transport interplanetar şi am stăpâni cumva construirea de baze marțiene, nu am putea să creăm o atmosferă corespunzătoare – procesarea calotelor polare ale lui Marte, a mineralelor şi solului va produce doar circa 7% din tot CO_2-ul care ar fi necesar pentru a încălzi planeta şi pentru a face posibilă colonizarea ei prelungită.[2]

Bineînțeles, adevărații credincioşi pot recurge la un alt truc SF care să permită colonizarea lui Marte: crearea unor oameni modificați radical prin inginerie genetică, super-organisme noi înzestrate cu calitățile unor tardigrazi tereştri, nevertebrate minuscule octopode care trăiesc pe iarbă şi în şanțuri umede. Astfel de organisme ar fi capabile să se adapteze nu doar la atmosfera rarefiată (presiunea acesteia este mai mică de 1% din valoarea ei terestră), ci şi la nivelul înalt al radiațiilor primite de slab protejata planetă roşie.[3]

Revenind la lumea reală, dacă vrem ca specia noastră să supraviețuiască măcar, nicidecum să înflorească, pentru cel puțin tot atât timp cât au rezistat civilizațiile superioare (adică, timp de încă circa 5 000 de ani), atunci va trebui să ne asigurăm ca intervențiile noastre continue să nu pună în pericol caracterul locuibil pe termen lung al planetei – sau, într-o exprimare modernă, să nu încălcăm granițele planetare de siguranță.[4]

Lista acestor granițe esențiale ale biosferei cuprinde nouă categorii: schimbările climatice (denumite acum alternativ, deşi inexact, încălzirea globală), acidificarea oceanelor (care periclitează organismele marine ce şi-au construit structuri din carbonat de calciu), epuizarea ozonului stratosferic (care protejează Pământul de radiația ultravioletă excesivă şi este amenințat de emisiile de clorofluorocarburi), aerosolii atmosferici (agenți poluanți care reduc vizibilitatea şi provoacă afecțiuni pulmonare), interferența în ciclurile de azot şi fosfor (în special, eliberarea acestor nutrienți în apele dulci şi de coastă), utilizarea apei dulci (extracția excesivă a apelor subterane, curgătoare şi din lacuri), schimbările de utilizare a terenurilor (ca urmare a despăduririlor, agriculturii şi expansiunii urbane şi industriale), pierderea biodiversității şi diferitele forme ale poluării chimice.

Analiza sistematică a tuturor acestor preocupări – şi încadrarea în perspectivele lor istorice şi ecologice corespunzătoare – este un scop potrivit pentru o lucrare importantă, nu pentru un singur capitol (decât dacă ar consta din rezumate superficiale). În schimb, am decis să dau acestui capitol o tentă hotărât utilitară şi să mă concentrez doar pe câțiva parametri existențiali cheie, începând cu circumstanțele de mediu pentru trei necesități existențiale de neînlocuit – a respira, a bea şi a mânca. Asigurarea acestor trei precondiții ale existenței noastre depinde de bunuri şi servicii naturale: de atmosfera oxigenată şi de circulația ei neîncetată; de apă şi de ciclul ei planetar; şi de soluri, fotosinteză, biodiversitate şi de fluxurile nutrienților vegetali. La rândul său, asigurarea acestora afectează bunurile şi serviciile naturale. Aşa cum vom vedea, aceste efecte pot fi de la marginale (concentrațiile de oxigen din atmosferă nu sunt în pericol ca urmare a arderii combustibililor fosili) la evident negative

(extracţia excesivă de apă din acviferele adânci foarte vechi; poluarea gravă a apei generată de producţia de alimente, oraşe şi industrii), mergând până la de-a dreptul distructive (păşunatul excesiv în regiunile aride, care duce la deşertificare; terenurile agricole noi care înlocuiesc pădurile tropicale sau pajiştile).

Oxigenul nu este în pericol

Respiraţia este furnizarea regulată de oxigen, pe care homoglobina îl preia din plămâni şi îl duce la toate celulele din organism pentru a asigura energia necesară metabolismului. Nicio altă resursă naturală nu este la fel de importantă pentru supravieţuirea noastră. Durata suportabilă a apneei voluntare (încetarea respiraţiei) variază, dar, dacă nu te-ai antrenat pentru a-ţi prelungi perioadele în care nu respiri, vei constata că poţi să rezişti de la 30 de secunde şi, în general, la nu mai mult de circa un minut. Poate că ai citit despre scufundările libere, în care bărbaţii şi femeile îşi riscă vieţile ţinându-şi respiraţia şi scufundându-se, fără vreun aparat de respirat, până la adâncimea pe care o pot suporta (cu sau fără labe de scafandru) sau despre competiţiile de apnee statică în care concurenţii stau nemişcaţi într-o piscină cu apă şi îşi ţin respiraţia. Pentru acestea din urmă, recordul la bărbaţi este de aproape 12 minute şi la femei, de 9 minute, iar hiperventilarea cu oxigen pur timp de până la o jumătate de oră înainte de încercare dublează timpul apneic la peste 24 de minute la bărbaţi şi 18 minute pentru femei.5

Această activitate trece drept sport în secolul XXI în ciuda faptului că celulele cerebrale încep să moară în mai puţin de

cinci minute de hipoxie cerebrală şi că o perioadă doar cu puţin mai lungă poate cauza vătămări grave sau chiar moartea. În definitiv, oxigenul este resursa cea mai acut limitativă a supravieţuirii umane. Specia noastră, la fel ca toate celelalte chemoheterotrofe (organisme care nu îşi pot produce intern propria nutriţie), are nevoie de el în permanenţă. Frecvenţa de repaus a respiraţiei este de 12 – 20 de inhalări pe minut, iar aportul mediu zilnic al unui adult se ridică la aproape 1 kilogram de oxigen.6 Pentru populaţia planetei, aceasta se traduce printr-un aport anual de circa 2,7 miliarde de tone de oxigen pe an, o fracţie de-a dreptul nesemnificativă (0,00023%) din prezenţa acestui element în atmosferă de circa 1,2 trilioane de tone de O2, iar dioxidul de oxigen exhalat este folosit cu uşurinţă de fotosinteza plantelor.

Începuturile atmosferei oxigenate merg înapoi în timp la ceea ce a devenit cunoscut ca Marele Eveniment de Oxidare, care a început cu circa 2,5 miliarde de ani în urmă.7· În acea perioadă, oxigenul eliberat de cianobacteriile oceanice a început să se acumuleze în atmosferă, dar a durat mult înainte ca gazele să ajungă la concentraţiile din perioada modernă. În ultimele 500 de milioane de ani, nivelurile oxigenului atmosferic au fluctuat foarte mult, între 15 şi 35%, până să scadă la valoarea de astăzi de aproape 21% din atmosfera terestră după volum.8 În afară de faptul că nu există niciun pericol ca oamenii sau animalele să reducă acest nivel prin respiraţie, nu există niciun pericol ca o cantitate prea mare de oxigen să fie consumată chiar şi de cea mai mare ardere care poate fi imaginată (oxidare rapidă) a plantelor terestre.

Masa vegetală totală de pe Pământ conţine de ordinul a 500 de miliarde de tone de carbon şi chiar dacă toată această masă (toate pădurile, pajiştile şi culturile agricole) ar arde

dintr-odată, o asemenea mega-conflagrație ar consuma doar circa 0,1% din totalul oxigenului atmosferic.9 Şi totuşi, în vara anului 2019, când suprafețe mari din pădurea tropicală amazoniană ardeau, presa şi politicienii încercau să înspăimânte masele analfabete ştiințific cu ideea că planeta va începe să se sufoce. Printre mulți alții, pe 22 august 2019, preşedintele Franței, Emmanuel Macron, a transmis pe Twitter:10

Casa noastră arde. Literalmente. Pădurea tropicală amazoniană – plămânii care produc 20% din oxigenul planetei noastre – e în flăcări. Este o criză internațională. Membri ai Summitului G7, hai să discutăm această urgență de prim ordin în două zile!

Summitul G7 nu s-a întrunit de urgență în două zile (şi nici măcar în două luni: ceea ce a fost un lucru bun, ca şi cum asta ar fi putut să rezolve ceva!) şi uite că lumea continuă să respire. În funcție de locul în care se întâmplă să te situezi pe această scară specifică a judecății, arderea deliberată a pădurilor amazoniene este fie o politică foarte regretabilă şi complet nechibzuită, fie o crimă de neiertat împotriva biosferei – dar trebuie să ştii că nu este un act care va priva planeta noastră de oxigen.

Această dezinformare ilustrează de asemenea o problemă mult mai generală – şi anume, de ce nu ne bazăm pe adevăruri ştiințifice bine stabilite şi lăsăm în schimb tot felul de mesaje de pe rețelele de socializare să influențeze opinia publică? Evaluările asupra mediului înconjurător sunt probabil şi mai predispuse la generalizări neîntemeiate, interpretări părtinitoare şi dezinformare fățişă față de cele legate de energie şi producția de hrană. Această tendință

trebuie condamnată şi contracarată: nu vom avea succes dacă ne bazăm acțiunile pe mituri şi dezinformări. E drept, ştiința de bază este adesea complexă şi multe verdicte sunt nesigure, iar judecățile ferme sunt nerecomandabile – dar nu în acest caz anume.

Cel mai evident, plămânii nu produc oxigen, ci doar îl procesează: funcția lor este să faciliteze schimbul de gaze prin care oxigenul atmosferic intră în sânge, iar dioxidul de carbon, cel mai voluminos produs gazos al metabolismului, îl părăseşte. În acest proces, plămânii (ca orice alt organ) trebuie să consume oxigen, dar nu este simplu să măsurăm de cât oxigen au nevoie – cu alte cuvinte, să le separăm necesarul de aportul general. Cea mai bună cale de a afla este în timpul unui bypass cardiopulmonar total, când circulația din plămâni este temporar separată de fluxul sanguin sistemic: aceasta arată că plămânii consumă circa 5% din totalul de oxigen pe care îl inhalăm.11 Şi, în vreme ce arborii amazonieni, ca orice plante terestre, produc O2 în timpul fotosintezei diurne, aceştia – la fel, ca orice alt organism fotosintetizator – consumă practic tot acest oxigen în timpul respirației nocturne, procesul care foloseşte produsele chimice ale fotosintezei pentru obținerea energiei şi a compuşilor necesari creşterii plantei.12

În fiecare an, cel puțin 300 de miliarde de tone de oxigen sunt absorbite şi o cantitate similară este eliberată de fotosinteza terestră şi marină.13 Aceste fluxuri, precum şi fluxurile mult mai mici rezultate din îngroparea şi oxidarea materiei organice, nu sunt perfect echilibrate de la o zi la alta sau de la un anotimp la altul, dar pe termen lung nu pot ajunge să difere prea mult, căci am avea câştiguri sau pierderi nete substanțiale ale acestui element. În schimb, prezența oxigenului în atmosferă a fost remarcabil de stabilă. Imaginile cu incendiile din pădurea amazoniană, din

regiunile păduroase ale Australiei, de pe coastele dealurilor californiene sau din taigaua siberiană nu sunt vestitori amenințători ai unei atmosfere lipsite de gazul pe care trebuie să-l inhalăm de cel puțin 12 ori pe minut.14 Incendiile masive de pădure sunt distructive şi dăunătoare în multe privințe, dar nu ne vor sufoca din cauza lipsei de oxigen.

Vom avea apă şi hrană suficiente?

Dimpotrivă, asigurarea cu al doilea cel mai acut necesar input natural ar trebui să se afle foarte sus pe lista noastră de îngrijorări de natură ecologică – şi nu pentru că ar exista o penurie absolută a acestei resurse esențiale, ci pentru că este neuniform distribuită şi pentru că nu am gestionat-o bine. Iar acesta este un eufemism, pentru că irosim cantități enorme de apă şi, până acum, nu ne-am grăbit să adoptăm multe schimbări eficiente care să pună capăt unor obişnuințe şi tendințe nedorite. După cum vom vedea, aprovizionarea cu apă este un exemplu perfect de resursă gestionată aproape universal greşit, cu complicația suplimentară a accesului foarte inegal.15

Cel puțin nu trebuie să bem tot atât de des pe cât respirăm, de 12 ori pe minut, nici măcar de 12 ori pe zi – dar asigurarea unor volume adecvate de apă potabilă (care, în funcție de sex, vârstă, dimensiunile corporale, temperatura ambientală şi excluzând activitățile extreme, se situează în general între 1,5 şi 3 litri pe zi) este o chestiune de supraviețuire elementară.16 Să nu te rehidratezi timp de o zi este o experiență dificilă, timp de două zile devine periculos, iar timp de trei zile este de regulă fatal. Trecând

de această necesitate existențială, tradusă într-o medie pe cap de locuitor de circa 750 de kilograme (sau litri, sau 0,75 metri cubi) de apă pe an, mai sunt şi alte nevoi – şi mult mai mari – de apă: pentru igienă personală, gătit şi spălatul rufelor (chiar şi fără o toaletă interioară, aceste categorii cumulate înseamnă un minimum de 15 – 20 de litri pe zi sau de 7 metri cubi pe an), pentru activități productive şi, mai presus de toate, pentru producerea hranei.17·

Faptul că există diferite sectoare de utilizare a apei (agricultură, generarea electricității termale, industriile grele, industria uşoară, servicii, sectorul casnic) şi diferite categorii de apă complică destul de mult comparațiile intranaționale şi internaționale. Apa albastră include apa de ploaie care ajunge în râuri, corpurile de apă şi depozitele de apă din sol care este încorporată în produse sau se evaporă; amprenta apei verzi reprezintă apa din precipitații care e depozitată în sol şi ulterior se evaporă, transpiră sau este încorporată în plante; apa gri include toată apa dulce necesară diluării poluanților pentru respectarea anumitor standarde referitoare la calitatea apei.

Iată de ce consumul național pe cap de locuitor este modalitatea cea mai bună (cea mai cuprinzătoare) de evaluare a amprentelor de apă: adună componentele verde, albastră şi gri ale apei, precum şi toată apa virtuală (apa care a fost necesară pentru creşterea sau producția alimentelor şi bunurilor manufacturate importate).18 Uzajul intern de apă albastră (toate valorile sunt în metri cubi pe an pe cap de locuitor) se situează de la puțin peste 29 în Canada şi 23 în SUA la circa 11 în Franța, 7 în Germania şi circa 5 în China şi India, şi la mai puțin de 1 în multe țări africane.19 Amprenta de apă totală a consumului național reflectă cote parte specifice de apă folosită în agricultură (evident mai ridicate în țările cu irigații extensive) şi în

producția industrială. Ca urmare, economiile cu clime şi consumuri sectoriale foarte diferite – Canada şi Italia, Israel şi Ungaria – au valori similare pentru consumul total (în toate aceste cazuri, între 2 300 şi 2 400 de metri cubi/an/cap de locuitor). Importurile alimentare încorporează cantități însemnate de apă verde şi, prin urmare, două țări extrem de dependente de alimentele importate – Japonia şi Coreea de Sud – sunt totodată şi cei mai mari utilizatori ai apei virtuale.

Deloc surprinzător, rolul esențial al apei în economiile naționale în general şi în producția alimentară în particular, a avut drept rezultat multe evaluări cuprinzătoare privind disponibilitatea, suficiența, deficitul şi vulnerabilitatea ei. La începutul secolului XXI, populațiile supuse stresului hidric se situau între 1,2 miliarde şi 4,3 miliarde – adică, între 20 şi 70% din întreaga omenire.20 În mod similar, în timpul celui de-al doilea deceniu al secolului XXI, două măsurători diferite ale deficitului de apă indicau că populațiile afectate cuprindeau între 1,6 şi 2,4 miliarde de oameni.21 Date fiind aceste diferențe majore între evaluările prezente, este imposibil să oferim concluzii în privința viitorului care să poată fi susținute cu tărie.

Există de asemenea multe incertitudini legate de asigurarea hranei în viitor. Nicio altă activitate umană nu a transformat ecosistemele Pământului într-o măsură mai mare decât producția de hrană. Deja însumează cam o treime din suprafața neacoperită de ghețari a planetei şi alte impacturi sunt inevitabile.22 Suprafața combinată dedicată producției alimentare este acum de peste două ori mai mare decât în urmă cu un secol, dar în toate economiile bogate terenul cultivat fie s-a stabilizat, fie a scăzut uşor ca întindere, în vreme ce la nivel mondial creşterea generală a noilor terenuri agricole a încetinit considerabil.23 Date fiind ratele

de fertilitate încă înalte ale continentului, extinderea în continuare a terenurilor cultivate va fi inevitabilă în Africa, dar în cea mai mare parte a Asiei vor avea loc doar extinderi limitate, în vreme ce în Europa, America de Nord şi Australia (având deja o producție excesivă de hrană şi populații îmbătrânite) ar trebui ca suprafețele cultivate să scadă şi mai mult.

Suprafața de pământ folosită în producția alimentară poate fi redusă printr-o combinație de practici agricole mai bune, o irosire mai mică a alimentelor şi adoptarea pe scară largă a unui consum moderat de carne. După cum am explicat deja în capitolul 2, revenirea la agricultura preindustrială este de neconceput într-o lume cu aproape 8 miliarde de locuitori, dar obținerea de producții mai mari cu inputurile existente (intensificare agricolă) se conformează unei tendințe stabilite de multă vreme, iar eliminarea multor practici risipitoare poate determina obținerea unor producții mai mari, chiar şi cu o utilizare redusă a îngrăşămintelor şi pesticidelor. O demonstrație convingătoare la scară largă, pe un deceniu (2005 – 2015) a acestui aspect a inclus aproape 21 de milioane de fermieri care cultivă circa o treime din terenul agricol al Chinei: ei au reuşit să crească producția de cereale principale cu 11% reducând cu 15 – 18% azotul aplicat pe hectar.24

Dacă terenul nu este o resursă limitativă şi dacă avem cunoştințele pentru gestionarea rezervelor de apă, care sunt perspectivele de asigurare a macronutrienților de care au nevoie culturile noastre limitând totodată impactul pe care aplicarea azotului şi fosforului îl are asupra mediului înconjurător? Aşa cum am explicat deja, sinteza Haber-Bosch a amoniacului a făcut posibilă obținerea unei forme reactive a azotului, principalul macronutrient, în orice cantitate dorită.25 Putem de asemenea să furnizăm cantități

adecvate din alți doi macronutrienți minerali, potasiu şi fosfor. US Geological Survey apreciază că resursele de potasiu sunt de circa 7 miliarde de tone de K2O (oxid de potasiu) echivalent; rezervele sunt cam de jumătate din această cantitate şi, la ritmul actual de producție, aceste rezerve ar ajunge pentru aproape 90 de ani.26

În ultimii 50 de ani, au apărut periodic comentarii privind penuria iminentă de fosfor, unele avertizând chiar că, în câteva decenii, foametea ar fi inevitabilă.27· Preocupările legate de irosirea unei resurse finite sunt întotdeauna binevenite, dar nu există nicio criză iminentă a fosforului. Potrivit Centrului Internațional pentru Dezvoltarea Îngrăşămintelor, rezervele şi resursele de fosfat natural ale planetei vor putea satisface cererea de îngrăşăminte pentru următorii 300 – 400 de ani.28 US Geological Survey estimează că resursele planetare de fosfat natural sunt de peste 300 de miliarde de tone, suficiente pentru mai bine de 1 000 de ani la ritmul actual de extracție.29 Iar Asociația Internațională a Industriei Îngrăşămintelor nu crede că atingerea unui vârf al producției de fosfor este o chestiune presantă sau că epuizarea zăcămintelor de fosfor ar fi iminentă.30

Adevărata îngrijorare legată de nutrienții vegetali sunt consecințele asupra mediului (şi deci economice), mai ales asupra celui acvatic. Fosforul din îngrăşăminte se pierde prin eroziunea solului şi scurgerile de la precipitații şi este eliberat în reziduurile produse de animalele domestice şi oameni.31 Întrucât apa (fie ea dulce sau sărată) are în mod normal concentrații foarte mici ale acestui element, adăugarea sa duce la eutrofizare, îmbogățirea apelor cu nutrienți anterior deficitari, ceea ce are drept consecință creşterea excesivă a algelor.32 Pierderile de azot din terenurile agricole fertilizate (şi din reziduurile animale şi

umane) cauzează şi ele eutrofizarea, dar fotosinteza acvatică este mai reactivă la adaosurile de fosfor. Nici tratamentul primar al apelor reziduale (sedimentarea îndepărtează 5 – 10% din fosfor), nici eliminarea secundară (filtrarea capturează 10 – 20%) nu previn eutrofizarea, dar fosforul poate fi îndepărtat prin folosirea unor agenți de coagulare sau prin procese microbiene, după care este transformat în cristale şi reutilizat ca fertilizator.33

După cum am explicat deja, pe plan mondial, eficiența absorbției azotului de către plantele cultivate a scăzut la mai puțin de 50%, iar în China şi Franța la sub 40%. În conjuncție cu fosforul, compuşii solubili ai azotului contaminează apele şi favorizează creşterea excesivă a algelor. Descompunerea algelor consumă oxigenul dizolvat în apa marină şi creează ape sărace în oxigen (anoxice), în care peştii şi crustaceele nu pot supraviețui. Aceste zone cu deficit de oxigen se întâlnesc des de-a lungul coastelor de est şi de sud ale Statelor Unite şi de-a lungul coastelor din Europa, China şi Japonia.34 Nu există soluții simple, necostisitoare şi rapide pentru aceste impacturi ecologice. O mai bună gestionare agronomică (rotația culturilor, aplicarea divizată a îngrăşămintelor pentru minimizarea pierderilor) este esențială, iar reducerea consumului de carne ar fi cea mai importantă ajustare, căci ar scădea nevoia de producere a furajelor – însă Africa sub-sahariană va avea nevoie de mult mai mult azot şi fosfor dacă se urmăreşte evitarea dependenței cronice de importuri alimentare.

Orice evaluare pe termen lung a celor trei necesități existențiale – oxigenul atmosferic, disponibilitatea apei şi producția alimentară – trebuie să țină cont de modul în care asigurarea lor ar putea fi afectată de procesul în derulare al schimbărilor climatice, o transformare graduală care îşi va

lăsa amprenta asupra biosferei într-o multitudine de moduri: efectele depăşesc cu mult creşterea temperaturilor şi ridicarea nivelului oceanelor, cele două schimbări care sunt amintite cel mai des de media. Nu voi relua lunga listă a impacturilor prognozate, de la oraşele sufocate de arşiță la creşterea nivelului mării, de la culturile agricole lovite de secetă la topirea ghețarilor. Acest lucru a fost făcut, atât în mod echilibrat, cât şi în manieră isterică, de prea multe ori.

În schimb, voi adopta o abordare utilitaristă – şi neortodoxă. Voi începe prin a explica necesitatea favorabilă vieții a efectului de seră, fără de care suprafața Pământului ar fi permanent înghețată şi pe care l-am intensificat, neintenționat, printr-o combinație de acțiuni – dintre care arderea combustibililor fosili este cel mai important motor al încălzirii antropogene a planetei. Apoi voi explica faptul că, deşi percepția comună este contrară, ştiința a identificat acest fenomen cu peste un secol în urmă, şi anume că noi am ignorat vreme de generații riscurile potențiale clar formulate şi că, până acum, nu am fost dispuşi să ne angajăm în nicio acțiune efectivă pentru a schimba cursul încălzirii globale – şi cât de nemaipomenit de dificilă va fi o asemenea transformare.

De ce Pământul nu este permanent înghețat

Aşa cum am văzut în primul capitol, abundența de combustibili fosili şi conversiile lor tot mai eficiente au fost energizanții dominanți ai creşterii economice din epoca modernă, aducându-ne beneficiile unei longevități mai mari şi ale unei vieți mai îndestulate – dar şi preocupările legate

de efectele pe termen lung ale emisiilor de CO_2 asupra climei planetare (denumită în general încălzire globală). Noțiuni simple de fizică ne explică îngrijorările cu privire la consecințele încălzirii planetare asupra mediului înconjurător. Suntem îngrijorați din cauză că un lucru fără de care n-am putea trăi – efectul de seră – a devenit excesiv. Acest imperativ existențial înseamnă reglarea temperaturii atmosferei terestre de câteva gaze în concentrații minuscule – în special dioxidul de carbon (CO_2) şi metanul (CH_4). În comparație cu cele două gaze care compun în majoritate atmosfera (azotul la 78% şi oxigenul la 21%), prezența lor este neglijabilă (fracțiuni mici dintr-un procent), dar efectul lor face diferența dintre o planetă înghețată, lipsită de viață şi Pământul albastru şi verde.35

Atmosfera Pământului absoarbe radiația provenită de la soare (unde scurte) şi o împrăştie în spațiu (unde mai lungi). În absența ei, temperatura Pământului ar fi de – 18°C şi, în consecință, suprafața planetei noastre ar fi înghețată perpetuu. Gazele în concentrații minuscule despre care am vorbit modifică echilibrul radiațiilor absorbind o parte din radiația (infraroşie) emisă şi crescând temperatura de suprafață. Aceasta permite existența apei lichide, a cărei evaporare trimite în atmosferă vaporii de apă (un alt gaz care absoarbe undele infraroşii invizibile). Rezultatul final este că suprafața Terrei are o temperatură cu 33°C mai mare decât ar fi în lipsa gazelor cu efect de seră şi a vaporilor de apă, iar temperatura medie de 15°C asigură suportul necesar susținerii vieții în formele ei multiple.

Etichetarea acestui fenomen natural drept „efect de seră" este o analogie înşelătoare, deoarece căldura din interiorul unei sere se află acolo nu doar pentru că pereții din sticlă împiedică o parte din radiația infraroşie să scape în atmosferă, dar şi pentru că întrerupe circulația aerului.

Spre deosebire de asta, „efectul de seră” natural este cauzat numai de interceptarea unei mici părți din radiația infraroşie emergentă de către gazele cu efect de seră – în vreme ce atmosfera planetei rămâne într-o mişcare permanentă, neîngrădită şi adesea violentă. Vaporii de apă sunt de departe cel mai important absorbant al radiației emergente şi, prin urmare, sunt gazul care a fost responsabil pentru cea mai mare parte a încălzirii atmosferei în trecut şi situația va rămâne aşa şi în viitor. Vaporii de apă sunt principalul generator al efectul de seră natural – dar aceşti vapori nu sunt cauza încălzirii atmosferice pentru că nu controlează temperatura atmosferică. De fapt, lucrurile stau chiar invers: temperatura fluctuantă determină ce cantitate de apă poate fi prezentă ca gaz (umiditatea apei creşte odată cu creşterea temperaturii) şi cât de multă se condensează în stare lichidă (condensarea creşte odată cu scăderea temperaturii).

Încălzirea naturală a Pământului este controlată de gazele cu efect de seră a căror concentrație nu este influențată de temperatura ambientală – cu alte cuvinte, ele nu se condensează şi nu se precipită odată cu declinul temperaturii. Numai că încălzirea relativ mică pe care o cauzează creşte evaporarea şi concentrațiile de apă atmosferică, iar acest feedback are drept rezultat o încălzire suplimentară. Efectul gazelor naturale cu concentrații minuscule a fost întotdeauna dominat de dioxidul de carbon (CO2), cu mici contribuții aduse de metan (CH4), protoxidul de azot (N2O) şi ozon (O3) – acesta din urmă fiind cunoscut de multă lume prin intermediul denumirii „strat de ozon”. Activitățile umane au început să afecteze concentrațiile mai multor asemenea gaze – un efect de seră suplimentar, artificial (antropogen) – cu mii de ani în urmă, de îndată ce societățile sedentare au adoptat agricultura şi au început să

folosească lemnul (şi cărbunele obținut din acesta) în gospodării şi la topirea metalelor şi manufacturarea de cărămizi şi țigle. Transformarea pădurilor în terenuri agricole a eliberat CO_2 suplimentar, iar cultivarea orezului în câmpiile inundate a produs CH_4 suplimentar.36

Dar impactul acestor emisii antropogene a devenit semnificativ abia după ce ritmul industrializării s-a întețit. Creşterea emisiilor de CO_2, care cauzează un efect de seră antropogen accelerat, a fost determinată în primul rând de arderea combustibililor fosili şi de producția de ciment. Emisiile de metan (din orezării, gropi de gunoi, zootehnie şi producția de gaze naturale) şi de protoxid de azot (produs de aplicarea pe scară tot mai mare a îngrăşămintelor azotoase) sunt celelalte surse antropogene notabile de gaze cu efect de seră. Reconstituirea concentrațiilor lor atmosferice din trecut ne arată creşterea bruscă cauzată de industrializare.

Vreme de secole înainte de 1800, nivelurile de CO_2 au avut fluctuații mici în jurul valorii de 270 de părți pe milion (ppm) – adică, 0,027% după volum. Până în 1900, au crescut uşor la 290 ppm, un secol mai târziu erau aproape 375 ppm, iar în vara lui 2020 au sărit de valoarea de 440 ppm, o creştere de peste 50% față de nivelul de la sfârşitul secolului XVIII.37· Nivelurile de metan din perioada preindustrială erau cu trei ordine de mărime mai joase – sub 800 de părți pe miliard (ppmd) – dar până în 2020 au ajuns la aproape 1 900 ppmd (o creştere de peste două ori), în vreme ce concentrațiile protoxidului de azot au crescut de la circa 270 ppmd la peste 300 ppmd.38Aceste gaze absorb radiația infraroşie emergentă în diferite grade. Astfel, când se compară efectele lor pe o perioadă de 100 de ani, eliberarea unei unități de CH_4 are acelaşi efect ca eliberarea a 28 – 36 de unități de CO_2, iar pentru N_2O factorul de multiplicare este între 265 şi 298. Câteva dintre gazele

industriale noi – în special clorofluorocarburile (CFC, folosite în trecut în sistemele de refrigerare) şi SF6 (un excelent izolator, folosit în echipamentele electrice) – exercită un efect mult mai puternic, dar din fericire ele sunt prezente doar în concentrații minuscule, iar producția de CFC a fost treptat scoasă în afara legii prin Protocolul de la Montreal din 1987.39

Dioxidul de carbon (emis în principal prin arderea combustibililor fosili, despăduririle fiind o altă sursă majoră) reprezintă circa 75% din efectul de încălzire antropogen, metanul, circa 15%, iar restul este cauzat în cea mai mare parte de protoxidul de azot.40. Creşterea în continuare a emisiilor de gaze cu efect de seră va duce în cele din urmă la temperaturi îndeajuns de mari ca să aibă multe efecte negative asupra mediului, generând costuri economice şi sociale considerabile. Contrar unei impresii larg răspândite, aceasta nu este o concluzie recentă izvorâtă dintr-o mai bună înțelegere a situației, pusă la dispoziția noastră de modele complexe ale schimbărilor climatice executate de supercomputere. Am ştiut asta nu doar cu mult timp înainte de apariția primelor modele ale circulației atmosferice planetare (precursoarele tuturor simulărilor privind încălzirea globală) la sfârşitul anilor 1960, ci cu generații întregi înainte ca primele computere electronice să fie măcar construite.

Cine a descoperit încălzirea globală?

Căutând pe Ngram Viewer de la Google aparițiile în căutări ale sintagmei „global warming”, vei descoperi că, practic, aceasta lipseşte înainte de 1980, după care urmează o

creştere abruptă a frecvenței, şi anume de patru ori în cei doi ani de dinainte de 1990. „Descoperirea" încălzirii globale provocate de dioxidul de carbon de către media, opinia publică şi politicieni s-a produs în 1988, fiind declanşată de vara fierbinte din acel an din America şi de înființarea Comisiei interguvernamentale privind încălzirea globală (IPCC[10]) de către Programul ONU pentru mediu (UNEP) şi Organizația Meteorologică Mondială (WMO). Aceasta a provocat un val încă în creştere de articole ştiințifice, cărți, conferințe, studii ale unor grupuri de reflecție şi rapoarte pregătite de guverne şi organizații internaționale, inclusiv analizele periodice de ultimă oră ale IPCC.

În 2020, motorul de căutare Google arăta peste un miliard de articole pentru termenii „încălzire globală" şi „schimbări climatice planetare" – această frecvență fiind cu un ordin de mărime mai mare decât cele pentru alți termeni deveniți de curând la modă, cum ar fi „globalizare" sau „inegalitate economică", ori pentru dificultăți existențiale ca „sărăcie" şi „malnutriție". Mai mult de-atât, aproape încă de la începutul manifestării interesului media față de acest proces complex, relatările privind încălzirea globală au fost pline de fapte comunicate necorespunzător, de interpretări îndoielnice şi predicții sumbre, iar cu timpul au dobândit în mod vădit o tonalitate mai isterică, ba chiar de-a dreptul apocaliptică.

Observatorii neinformați vor fi trebuit să conchidă că aceste avertismente privind derularea unei catastrofe globale reflectă ultimele descoperiri ştiințifice bazate pe o combinație între observații din satelit care înainte nu erau disponibile şi pe prognozele care folosesc modele climatice

---

[10] Inițialele de la denumirea în engleză a instituției: Intergovernmental Panel on Climate Change. (N.t.)

complexe la nivel global, a căror execuție a fost făcută posibilă de creşterea puterii de calcul a computerelor. Însă, deşi ultimele noastre metode de monitorizare şi modelare sunt cu siguranță mai avansate, nu e nimic nou nici în privința înțelegerii efectului de seră, nici legat de consecințele emisiilor de gaze de seră, aflate într-o creştere constantă. În principiu, am fost conştienți de ele de peste 150 de ani, iar într-o manieră clară şi explicită de peste un secol!

Cu câțiva ani înainte de moartea sa, matematicianul francez Joseph Fourier (1768 – 1830) a fost primul om de ştiință care şi-a dat seama că atmosfera absoarbe o parte din radiația emanată de sol, iar în 1856, Eunice Foote, un om de ştiință şi inventator american, a fost primul care a făcut legătura (pe scurt, dar în mod clar) dintre CO2 şi încălzirea globală.41 După cinci ani, John Tyndall (1820 – 1893), fizician englez, a explicat că vaporii de apă sunt cel mai important absorbant al radiației emergente, ceea ce înseamnă că „orice variație a acestui constituent trebuie să producă o schimbare a climei” – şi a adăugat că „remarci similare sunt aplicabile acidului carbonic difuzat prin aer”.42 Concis dar clar, dacă reformulăm în vocabularul modern: creşterile concentrației de CO2 trebuie să producă o creştere a temperaturii atmosferice.

Asta se întâmpla în 1861 şi înainte de sfârşitul secolului XIX, Svante Arrhenius (1859 – 1927), chimist suedez şi printre cei dintâi laureați ai Premiului Nobel, a publicat primele calcule ale temperaturii crescute a suprafeței planetei generate de dublarea concentrației de CO2 atmosferic față de perioada preindustrială.43 Articolul său mai remarca faptul că încălzirea globală va fi resimțită mai puțin la tropice şi cel mai mult în regiunile polare şi că aceasta va reduce diferențele de temperatură dintre noapte

şi zi. Ambele concluzii s-au confirmat. Arctica se încălzeşte mai rapid, dar explicația cea mai simplă (odată cu topirea zăpezii şi a gheții, cota-parte de radiație reflectată scade brusc, ducând la o încălzire mai mare) e doar o parte dintr-un proces complex care include schimbări ale norilor, ale vaporilor de apă şi ale transportului energetic către poli prin sistemele meteorologice mari.44 Temperaturile nocturne cresc mai repede decât mediile diurne în principal pentru că stratul de graniță (atmosfera de imediat deasupra solului) este foarte subțire – doar câteva sute de metri – în timpul nopții, în comparație cu cei câțiva kilometri din timpul zilei, de unde şi sensibilitatea sporită la încălzire.45

În 1908, Arrhenius a oferit o estimare destul de exactă a sensibilității climatice, măsura încălzirii globale cauzate de o dublare a nivelului de CO_2 atmosferic: „Orice dublare a procentajului de dioxid de carbon din aer va creşte temperatura la suprafața Pământului cu 4°C”.46 În 1957, cu trei decenii înainte de creşterea bruscă a interesului pentru încălzirea globală, Roger Revelle, oceanograf american, şi Hans Suess, chimist-fizician, au făcut o apreciere a procesului de ardere a combustibililor fosili la scară de masă dintr-o perspectivă evoluționistă corectă: „Astfel, ființele umane desfăşoară acum un experiment geofizic de proporții, aşa cum nu s-ar fi putut întâmpla în trecut şi nici n-ar putea fi reprodus în viitor. În decurs de câteva secole, am returnat în atmosferă şi oceane carbonul organic concentrat, depozitat în rocile sedimentare în sute de milioane de ani”.47·

Nu-mi pot imagina ce altă formulare ar fi putut să exprime mai bine natura fără precedent a acestei noi realități. Doar un an mai târziu, ca răspuns la această îngrijorare, au început să se măsoare concentrațiile de CO_2 de fond la Mauna Loa din Hawaii şi la Polul Sud şi acestea au arătat

imediat creşteri anuale constante şi destul de previzibile, de la 315 ppm în 1958 la 346 ppm în 1985.48 Iar în 1979, un raport întocmit de Consiliul Național de Cercetare a stabilit valoarea teoretică a sensibilității climatice (inclusiv feedback-ul vaporilor de apă) la 1,5 – 4,5°C, ceea ce înseamnă că estimarea făcută de Arrhenius în 1908 se situa confortabil în această gamă.49

Astfel, „descoperirea" încălzirii globale induse de dioxidul de carbon a venit la mai bine de un secol după ce Foote şi Tyndall au stabilit în mod clar această legătură, la aproape patru generații după ce Arrhenius a publicat o estimare realistă a posibilului efect al încălzirii globale, la peste o generație după ce Revelle şi Suess au avertizat cu privire la un experiment geofizic fără precedent şi irepetabil la scara întregii planete şi la mai mult de un deceniu după confirmarea modernă a sensibilității climatice. În mod clar, nu a trebuit să aşteptăm noi modele pe computer sau înființarea unei birocrații internaționale ca să conştientizăm această schimbare şi să ne gândim la răspunsurile noastre.

Cât de neînsemnat a fost efectul fundamental al acestor eforturi este probabil cel mai bine ilustrat de ultimele estimări ale metricii dedicate încălzirii globale, sensibilitatea climatică. Al cincilea raport de evaluare publicat de IPCC la peste un secol după ce Arrhenius a propus valoarea de 4°C a conchis că este extrem de improbabil ca sensibilitatea să fie mai mică de 1°C şi foarte improbabil să depăşească 6°C, gama probabilă situându-se între 1,5°C şi 4 – 5°C, la fel ca în raportul din 1979 al Consiliului Național al Cercetării.50 Iar în 2019, o evaluare cuprinzătoare a sensibilității climatice a Pământului (folosind multiple linii de dovezi convergente) a limitat răspunsul cel mai probabil la între 2,6°C şi 3,9°C.51 Asta înseamnă că este extrem de improbabil ca sensibilitatea climatică să fie atât de scăzută

încât să poată preveni o încălzire substanțială (mai mare de 2°C) la momentul la care dioxidul de carbon atmosferic va crește la peste aproximativ 560 ppm, de două ori nivelul preindustrial.

Și totuși, până în prezent, singurele măsuri efective și substanțiale în direcția decarbonizării nu au venit din politici hotărâte, deliberate și țintite. Mai degrabă ele au fost produsele secundare ale progreselor tehnice (randamente de conversie mai mari, creșterea generării nucleare și a hidrogenerării, proceduri de procesare și fabricație cu pierderi mai mici) și ale schimbărilor în desfășurare ale producției și managementului (trecerea de la cărbune la gaze naturale; o reciclare a materialelor mai răspândită și mai puțin energointensivă), ale căror inițiere și progres nu au avut nimic de-a face cu vreo încercare de reducere a emisiilor de gaze cu efect de seră.52 Și, după cum am amintit deja, impactul global al recentei orientări spre generarea decarbonizantă a electricității – prin instalarea panourilor solare fotovoltaice și a turbinelor eoliene – a fost în întregime negată de creșterea rapidă a emisiilor de gaze cu efect de seră în China și în alte locuri din Asia.

Oxigenul, apa **și** hrana într-o lume mai cald**ă**

Știm unde ne aflăm. Din cauza concentrațiilor tot mai mari ale gazelor cu efect de seră, de generații, planeta re-radiază ceva mai puțină energie decât primește de la Soare. În 2020, valoarea netă a acestei diferențe era de circa 2 wați pe metru pătrat, în comparație cu valoarea de referință pentru anul 1850.53 Întrucât oceanele au o capacitate enormă de a

absorbi căldura atmosferică, este nevoie de un timp îndelungat pentru a creşte temperatura medie a stratului de jos al atmosferei cu o valoare apreciabilă. Spre sfârşitul anilor 2010, după două secole de ardere accelerată a combustibililor fosili, media temperaturii peste toate suprafeţele de uscat şi oceanice a fost cu aproape 1°C peste media din secolul XX. Acest lucru a fost consemnat pe toate continentele, dar distribuţia nu a fost uniformă. Aşa cum a prezis Arrhenius, la latitudini mai mari temperatura medie a crescut mai mult decât la latitudinile medii sau la tropice.

Din perspectiva mediei planetare, cei mai calzi cinci ani din ultimii 140 de ani au fost începând din 2015 şi 9 din cei mai calzi 10 ani au fost înregistraţi începând din 2005.54 Consecinţele acestei schimbări planetare au fost numeroase, de la înflorirea timpurie a cireşilor din Kyoto la producţiile timpurii de vinuri franceze şi la îngrijorătoarele noi recorduri de temperatură din timpul valurilor de căldură ale verii şi topirea gheţarilor de pe munţii înalţi.55 Şi (deloc surprinzător, dată fiind uşurinţa cu care putem să ne jucăm cu multe modele computerizate) acum există o literatură şi mai bogată care prezice ceea ce urmează să vină. Aşadar, întorcându-ne la cele trei elemente existenţiale fundamentale, care este perspectiva pentru rezervele de oxigen, apă şi hrană pe un Pământ mai cald?

Concentraţia atmosferică a oxigenului nu este afectată de schimbările mici de temperatură cauzate de gazele cu efect de seră, dar a scăzut marginal ca urmare a principalei cauze antropogene a încălzirii globale, şi anume arderea combustibililor fosili.

În perioada recentă, arderea acestor combustibili a eliminat din atmosferă circa 27 de miliarde de tone pe an.56 Declinul anual net al oxigenului atmosferic (ţinând cont şi de

pierderile cauzate de incendiile de vegetație şi respirația animalelor domestice) a fost calculat la valoarea de 21 miliarde de tone la începutul secolului XXI – adică, mai puțin de 0,002% pe an din concentrația existentă.57· Măsurătorile directe ale concentrațiilor de oxigen atmosferic confirmă aceste pierderi insignifiante. De curând s-a determinat că valoarea lor este de circa 4 ppm şi, dat fiind că există aproape 210 000 de molecule de oxigen pentru fiecare 1 milion de molecule de aer, aceasta se traduce printr-un declin anual de 0,002%.58

La această rată, ar dura 1 500 de ani (aproximativ egal cu timpul scurs de la prăbuşirea Imperiului Roman de Apus) până când nivelul oxigenului atmosferic va scădea cu 3% – dar, în termeni de concentrații reale de O2, aceasta abia ar fi echivalent cu mutarea din New York City (la nivelul mării) în Salt Lake City (1 288 peste nivelul mării). Un alt calcul extrem – şi cu totul teoretic – arată că, chiar dacă ar fi să ardem toate rezervele cunoscute ale planetei din toți combustibilii fosili (cărbune, țiței şi gaze naturale: ceea ce ar fi imposibil din cauza costurilor prohibitive ale extracției acestor combustibili din depozitele cele mai neînsemnate cantitativ), concentrația oxigenului atmosferic ar fi redusă cu doar 0,25%.59

Din păcate, pentru sute de milioane de oameni, respirația este dificilă din multe motive – de la alergenii pe bază de polen la poluarea urbană din exterior şi cea rurală din interior (de la gătit) – dar nu există niciun risc de afectare negativă a respirației cauzat de orice declin imaginabil al oxigenului atmosferic consumat de incendiile de pădure sau de arderea combustibililor fosili. Mai mult, niciun alt acces la o resursă naturală vitală nu este atât de echitabil. Oricare ar fi nivelul local al poluanților din aer, la aceeaşi altitudine, oriunde în lume o concentrație identică de oxigen este

disponibilă oricui, iar populațiile care locuiesc la altitudini mai mari, în locuri ca Tibetul sau Anzii, au demonstrat multe adaptări remarcabile (mai ales concentrații mai ridicate ale hemoglobinei) la concentrațiile scăzute ale oxigenului.60

Ce vreau să spun prin toate astea este că nu trebuie să ne facem griji în privința oxigenului. Totuşi, trebuie să fim preocupați de viitorul aprovizionării cu apă. Multe modele regionale, naționale şi globale au examinat disponibilitatea apei în viitor. Ele presupun diferite grade ale încălzirii globale şi, cu toate că scenariile cele mai defavorabile oferă o perspectivă în general deteriorată, există incertitudini substanțiale care depind de supoziții necesare cu privire la creşterea populației şi, prin urmare, a necesarului de apă. La o încălzire de până la 2°C, populațiile expuse la o penurie crescută, indusă de schimbările climatice, pot număra între 500 de milioane şi 3,1 miliarde de oameni.61 Rezerva de apă pe cap de locuitor va scădea la nivel mondial, dar unele bazine fluviale importante (printre care La Plata, Mississippi, Dunărea şi Gangele) vor rămâne cu mult deasupra nivelului de penurie, în vreme ce alte bazine deja sărace în apă vor suferi o deteriorare şi mai mare (poate cele mai notabile fiind bazinul Tigru-Eufrat din Turcia şi Irak şi Huang He din China).62

Dar majoritatea studiilor converg spre ideea că penuria de apă determinată de cerere va avea un impact mult mai mare decât deficitele induse de schimbările climatice. În consecință, varianta cea mai bună pe care o avem la dispoziție pentru a rezolva problema rezervelor de apă în viitor este să gestionăm cererea, iar unul dintre cele mai bune exemple la scară largă ale faptului că acest lucru funcționează este recenta istorie a reducerii consumului de apă pe cap de locuitor în SUA.63 În 2015, consumul de apă

general din Statele Unite era cu sub 4% mai ridicat decât fusese în 1965 – dar în cei 50 de ani care au trecut între timp populația țării a crescut cu 68%, PIB-ul ei (în bani ajutați la inflație) a cunoscut o creştere de peste patru ori, iar suprafața irigată a terenurilor agricole a crescut cu circa 40%. Aceasta înseamnă că, pe cap de locuitor, consumul de apă a scăzut cu aproape 40%, că intensitatea consumului de apă a economiei americane (unități de apă pe unitate de PIB constantă) a scăzut cu 76% şi, întrucât volumul total de apă folosită pentru irigații a fost de fapt ceva mai scăzut în 2015, că aplicările pe unitate de teren agricol au scăzut cu aproape o treime. Există, desigur, limite fizice pentru a reduce şi mai mult toate aceste utilizări ale apei, dar experiența Statelor Unite arată că se pot obține câştiguri mult peste cele marginale.

Penuria de apă potabilă poate fi diminuată prin desalinizare – îndepărtarea sărurilor dizolvate din apa marină prin tehnici care pornesc de la distilarea solară şi ajung la utilizarea membranelor semipermeabile. Această variantă a devenit mai răspândită în multe țări cu deficit de apă (există circa 18 000 de uzine de desalinizare în toată lumea), dar costurile sunt mult peste cele ale apei dulci obținute din rezervoare sau prin reciclare.64 Volumele de apă necesară pentru recolte sunt de o amploare mult mai ridicată şi cea mai mare parte a producției de hrană a planetei va continua să se bazeze pe apele din ploi. Dar vor fi acestea suficiente în lumea mai caldă din viitor?

Fotosinteza este întotdeauna un schimb extrem de dezechilibrat de apă internă (din interiorul unei frunze) pentru CO_2-ul extern (din atmosferă). Ori de câte ori o plantă îşi deschide stomatele (situate pe partea inferioară a frunzelor) ca să importe suficient carbon pentru fotosinteză, pierde mari cantități de apă. De exemplu, randamentul de

respirație (biomasa produsă pe unitatea de apă folosită) a grâului (întreaga plantă) este de 5,6 – 7,5 grame pe kilogram, iar aceasta se traduce în circa 240 – 330 de kilograme de apă pe kilogram de grâu recoltat.65

Inevitabil, încălzirea globală o să intensifice circuitul apei deoarece temperaturile mai mari vor spori evaporarea. Drept urmare, vor fi în general mai multe precipitații şi, în consecință, mai multă apă pentru a fi captată, depozitată şi utilizată.66 Dar mai multe precipitații în general nu va însemna mai multe precipitații pretutindeni, nici – un aspect la fel de important – mai multe precipitații acolo unde ar fi cel mai necesare. La fel ca multe alte schimbări asociate cu un climat mai cald, creşterea precipitațiilor va fi distribuită neuniform. Unele regiuni vor primi mai puțină apă decât astăzi; altele (inclusiv bazinul Yangtze, unde locuieşte cea mai mare parte a populației numeroase a Chinei) vor primi semnificativ mai multă apă şi este de aşteptat ca această creştere să aducă o uşoară reducere a numărului de oameni care locuiesc în mediile cu penurie pronunțată de apă.67· Dar multe locuri cu mai multe precipitații le vor primi într-o manieră neregulată, sub forma unor ploi sau ninsori mai puțin frecvente, dar mai abundente.

O atmosferă mai caldă va duce şi la o pierdere mai semnificativă a apei din plante (evapotranspirația), dar asta nu înseamnă că plantele agricole şi pădurile se vor ofili odată cu acest fenomen. Un nivel crescut al dioxidului de carbon atmosferic înseamnă că apa necesară pentru o unitate de produs agricol va scădea dacă atmosfera e mai caldă şi mai bogată în CO_2. Acest efect a fost deja măsurat pentru unele culturi, iar grâul şi orezul (cereale de larg consum, care se bazează pe cea mai comună cale fotosintetică) îşi vor creşte randamentul de utilizare a apei

mai mult decât porumbul sau trestia de zahăr (care folosesc o cale mai puțin comună, dar inerent mai eficientă).68 Asta înseamnă că, în unele regiuni, grâul şi alte plante agricole vor putea produce la fel de mult sau mai mult decât astăzi, chiar dacă precipitațiile primite se vor reduce cu 10 – 20%.

În acelaşi timp, producția de hrană la nivel planetar este de asemenea o sursă importantă de gaze care contribuie la încălzirea globală, în special CO_2, din transformarea pădurilor şi păşunilor în terenuri agricole (un proces în continuă desfăşurare, mai ales în America de Sud şi Africa), şi emisiile de metan ale animalelor rumegătoare.69 Dar această realitate prezintă şi ea oportunități de ameliorare şi ajustare. Culturile agricole pot fi sporite în moduri care să crească materia organică din soluri şi, în consecință, stocarea de către acestea a carbonului (prin reducerea sau eliminarea aratului anual), iar emisiile de metan ale animalelor rumegătoare pot fi scăzute dacă se consumă mai puțină carne de vită. Din calculele mele reiese că în viitor – prin reducerea cotei parte a cărnii de vită şi crescând-o pe cea a cărnii de porc şi de pui, a ouălor şi produselor lactate, prin hrănire mai eficientă şi prin utilizarea mai bună a reziduurilor de la culturile agricole şi a produselor secundare ale procesării alimentelor – vom putea să egalăm producția globală de carne limitând totodată mult impactul animalelor domestice asupra mediului, inclusiv contribuția acestora la emisiile de metan.7·0

Într-o perspectivă mai largă, un studiu recent a ridicat întrebarea dacă va fi posibil să hrănim o viitoare populație de 10 miliarde de oameni (prevăzută la scurt timp după anul 2050) între cele patru frontiere planetare terestre – cu alte cuvinte, să facem acest lucru fără să ducem pământul şi pe locuitorii săi la extrem în ceea ce priveşte încălcarea limitelor legate de integritatea biosferei, utilizarea

pământului şi a apei dulci şi fluxul de azot. Deloc surprinzător, concluzia studiului a fost că, dacă toate aceste frontiere ar fi respectate strict, sistemul alimentar al planetei ar putea să furnizeze hrană zilnică echilibrată (circa 2 400 de kilocalorii pe cap de locuitor) pentru nu mai mult decât 3,4 miliarde de oameni – dar că cele 10,2 miliarde ar putea fi susținute prin redistribuirea terenurilor agricole, o mai bună gestionare a apei şi a nutrienților, reducerea pierderilor alimentare şi ajustări ale hranei. 7·1

Examinări informate ale celor trei necesități existențiale ale vieții – a respira, a bea şi a mânca – concură: n-ar trebui să se producă nicio apocalipsă inevitabilă până în 2030 sau 2050. Oxigenul va rămâne abundent. Îngrijorările legate de aprovizionarea cu apă vor creşte în multe regiuni, dar avem cunoştințele şi ar trebui să fim capabili să mobilizăm mijloacele necesare pentru a evita penuriile la nivel de mase, care pun în pericol viața. Şi ar trebui nu doar să menținem, dar şi să îmbunătățim aprovizionarea medie cu hrană pe cap de locuitor în țările cu venituri mici, reducând în acelaşi timp producția excesivă din țările bogate. Totuşi, aceste acțiuni doar vor reduce, nu vor elimina, recurgerea la subsidiile directe şi indirecte de combustibili fosili în producția de hrană pentru populația planetei (vezi capitolul 2). Şi, aşa cum am explicat în primul capitol, renunțarea la combustibilii fosili nu se poate face repede. Asta înseamnă că, pentru deceniile care urmează, arderea lor va rămâne principalul motor al schimbărilor climatice globale. Cum va afecta acest lucru tendința pe termen lung a încălzirii globale?

Incertitudini, promisiuni şi realități

Combinația dintre progresul ştiințific şi îmbunătățirea capacităților tehnice înseamnă că în acest moment noi abordăm orice proces complex care implică interacțiunea complicată dintre factorii naturali şi acțiunile umane cu avantajul unei înțelegeri considerabile şi care se extinde permanent. În acelaşi timp, trebuie să ținem seama de gradele incomode de ignoranță şi de incertitudinile persistente care fac cu atât mai dificilă orice reacție fermă. Dacă era nevoie de o aducere aminte a acestei realități fundamentale, atunci răspândirea şi consecințele pandemiei COVID-19 ne-a furnizat, la nivel planetar, multe lecții cu darul de a ne readuce cu picioarele pe pământ.

Suntem nepregătiți – într-o măsură care i-a luat prin surprindere chiar şi pe aceia dintre noi care ne aşteptam la probleme majore – pentru un eveniment a cărui producere aproape iminentă putea fi prezisă cu o certitudine de 100%. În 2008, am făcut asta fără echivoc în cartea mea despre catastrofe şi tendințe la nivel planetar, evaluând corect chiar şi desfăşurarea în timp.7·2 Deşi am identificat aproape imediat constituția genetică a acestui patogen nou, răspunsurile de politică publică națională la răspândirea lui au variat între tratarea lui ca fiind ceva neimportant (Suedia) la măsuri draconice (dar întârziate) de închidere totală a întregii țări (Italia, Spania), şi de la negare în faza incipientă (SUA în februarie 2020) la succese într-o primă fază, care ulterior s-au transformat în probleme (Singapore).7·3

Şi totuşi, la modul fundamental, acesta este un fenomen natural auto-restrictiv, pe care l-am experimentat la scară planetară de trei ori începând de la sfârşitul anilor 1950: chiar şi fără niciun vaccin, orice pandemie virală se potoleşte până la urmă, după ce patogenul infectează un număr relativ mare de oameni şi după ce suferă o mutație

într-o formă mai puţin virulentă. În schimb, schimbarea climatică globală este o dezvoltare extraordinar de complexă, al cărei rezultat final depinde de interacţiuni departe de a fi înţelese perfect între multe procese naturale şi antropogene. În consecinţă, avem nevoie, în deceniile care urmează, de mai multe observaţii, de mai multe studii şi de modele climatice mult mai bune pentru a obţine evaluări mai exacte ale tendinţelor pe termen lung şi ale rezultatelor celor mai probabile.

A crede că înţelegerea noastră privind aceste realităţi dinamice şi multifactoriale a atins perfecţiunea înseamnă să confundăm ştiinţa încălzirii globale cu religia schimbării climatice. În acelaşi timp, nu avem nevoie de un şir nesfârşit de modele noi pentru a întreprinde acţiuni eficiente. Există oportunităţi uriaşe pentru reducerea consumului de energie în clădiri, transporturi, industrie şi agricultură şi ar fi trebuit să iniţiem unele dintre aceste măsuri de economisire a energiei şi de reducere a emisiilor cu decenii în urmă, chiar şi în absenţa oricăror îngrijorări legate de încălzirea globală. Încercările de evitare a utilizării inutile de energie, de reducere a poluării aerului şi apei şi de asigurare a unor condiţii de trai mai confortabile trebuie să fie imperative perene, nu acţiuni bruşte şi disperate menite să prevină o catastrofă.

Remarcabil este faptul că în mare măsură am ignorat luarea de măsuri care ar fi putut limita efectele pe termen lung ale schimbării climatice şi care ar fi trebuit luate chiar şi în absenţa oricăror preocupări legate de încălzirea globală, doar pentru că ele aduc economii pe termen lung şi asigură un confort mai mare. Şi, ca şi cum asta n-ar fi fost de ajuns, am introdus în mod deliberat şi am promovat răspândirea unor transformări energetice noi care au mărit consumul de energii fosile şi, prin urmare, au intensificat emisiile de CO2.

Cele mai bune exemple ale acestor omiteri şi comiteri sunt codurile cu totul inadecvate pentru construcții din țările cu climă rece şi adoptarea pe plan mondial a SUV-urilor.

Întrucât casele noastre există de mult timp (o casă nord-americană bine construită şi corespunzător întreținută cu structură din lemn şi fundație din beton poate să dureze peste 100 de ani), cu o izolare adecvată a pereților, ferestre de tip termopan cu geam triplu şi sisteme de încălzire de mare randament, ele reprezintă o oportunitate unică pentru economii durabile de energie (şi, de aici, de reducere a emisiilor de carbon).7·4 În 1973, când OPEC a crescut de cinci ori prețul mondial al țițeiului, clădirile din Europa, America de Nord şi China de Nord aveau, în majoritate, doar ferestre cu un singur geam; în Canada, ferestrele cu geam triplu vor deveni obligatorii abia din 2030, iar Manitoba a fost prima provincie care a cerut în 2009 instalarea de sobe cu gaze naturale cu randament ridicat (>90%), la decenii după ce astfel de opțiuni deveniseră disponibile comercial.7·5 N-ar fi interesant să aflăm câți dintre delegații sosiți la întrunirile privind încălzirea globală veniți din țările cu climă rece au ferestre cu panouri triple umplute cu gaz inert, ziduri super-izolate termic şi sobe cu gaz cu randament de 97%? Tot aşa, câți oameni din țările calde au camere corespunzător etanşeizate, astfel încât aparatele de aer condiționat ineficiente şi instalate precar la ferestre să nu irosească aerul rece?

Deținerea de SUV-uri a început să crească în SUA spre sfârşitul anilor 1980, apoi acestea s-au răspândit pe toată planeta, iar în 2020 un SUV obişnuit emitea anual cu circa 25% mai mult CO2 decât un automobil standard.7·6 Dacă înmulțim asta cu cele 250 de milioane de SUV-uri aflate pe şosele în 2020, vom vedea că adoptarea la scară mondială a acestor maşini a anihilat, chiar de mai multe ori, orice

câştiguri în privința decarbonizării care au rezultat din răspândirea lentă a deținerii de vehicule electrice (doar 10 milioane în 2020). În anii 2010, SUV-urile au devenit a doua cauză a creşterii emisiilor de CO_2, după generarea electricității şi înaintea industriei grele, a transporturilor de mărfuri cu camioanele şi a aviației. Dacă achiziționarea lor la nivel de mase continuă, acestea au potențialul de a anula orice reducere a emisiilor de carbon de pe urma celor peste 100 de milioane de vehicule electrice care ar putea rula pe şosele până în 2040!

Al doilea capitol al acestei cărți a detaliat costurile energetice ridicate ale producției moderne de hrană şi a evidențiat nivelurile impardonabil de ridicate ale risipei de alimente. Este clar că această combinație prezintă multe oportunități de reducere nu doar a emisiilor de CO_2, ci şi a emisiilor de CH_4 de la cultivarea orezului şi animalele rumegătoare şi a emisiilor de N_2O de la aplicarea excesivă a îngrăşămintelor azotoase – precum şi emisiile generate de modurile discutabile de a face comerț cu alimente. Este oare necesar să se transporte pe calea aerului afine din Peru în Canada în luna ianuarie şi fasole verde din Kenya la Londra? Vitamina C şi fibrele pe care aceste produse alimentare le furnizează pot fi obținute din multe alte surse cu amprente de carbon mult mai mici. Şi oare n-am putea, având la dispoziție imensele capacități de procesare a datelor, să stabilim prețuri mai bune şi mai flexibile pentru alimente, în scopul de a reduce decisiv rata de pierderi alimentare de 30 – 40%? De ce să nu facem ceea ce poate fi făcut, profitabil şi imediat, în loc să aşteptăm alte exerciții de modelare?

Lista lucrurilor pe care am fi putut să le facem, dar nu le-am făcut, este lungă. Şi ce am făcut ca să evităm sau să inversăm desfăşurarea schimbărilor climatice în cele trei

decenii de când încălzirea globală a devenit un subiect dominant în discursul modern? Datele sunt clare: între 1989 şi 2019, am crescut emisiile antropogene de gaze cu efect de seră cu circa 65%. Chiar dacă deconstruim această medie planetară, vedem că țările bogate, cum ar fi SUA, Canada, Japonia, Australia şi cele din UE, al căror consum de energie pe cap de locuitor era foarte ridicat cu trei decenii în urmă, şi-au redus într-adevăr emisiile, dar numai cu circa 4%, în vreme ce în India emisiile au crescut de patru ori, iar în China au crescut de 4,5 ori.7·7·

Combinația dintre inacțiunea noastră şi natura extraordinar de dificilă a provocării numite încălzirea globală este ilustrată cel mai bine de faptul că cele trei decenii de conferințe internaționale de anvergură despre schimbările climatice nu au avut niciun efect asupra cursului emisiilor de CO2 la nivel mondial. Prima conferință ONU privind clima a avut loc în 1992; începând din 1995 (la Berlin), s-au organizat conferințe anuale pe tema schimbărilor climatice şi au inclus mult mediatizatele întruniri din Kyoto (1997, cu acordul ei complet ineficient), Marrakesh (2001), Bali (2007), Cancun (2010), Lima (2014) şi Paris (2015).7·8 Este limpede că delegaților la conferințe le place să călătorească spre aceste destinații pitoreşti fără să se gândească nicio clipă la temutele amprente de carbon generate de zborurile cu avioane cu reacție.7·9

În 2015, circa 50 000 de oameni au zburat la Paris pentru a participa la o nouă conferință la care ar fi urmat să încheie, după cum am fost asigurați, un acord „de referință” – şi în acelaşi timp „ambițios” şi „fără precedent” – şi totuşi acordul de la Paris nu a formulat (pentru că nu a putut) nicio țintă specifică de reducere pentru cei mai mari emițători din lume şi ar avea drept rezultat, chiar dacă toate angajamentele voluntare neobligatorii ar fi respectate (ceva absolut

imposibil)o creştere de 50% a emisiilor până în 2050.80 Cu adevărat „de referință”.

Aceste conferințe nu ar fi putut să oprească nici extinderea extracției de cărbune din China (între 1995 şi 2019, aceasta a crescut de peste trei ori, ajungând să fie aproape egală cu totalul extras în restul lumii), nici preferința mondială pentru masivele SUV-uri, despre care tocmai am amintit, şi nu ar fi putut convinge milioane de familii să nu mai cumpere – de îndată ce veniturile în creştere le-au permis – aparate de aer condiționat noi care să funcționeze în nopțile fierbinți şi umede din Asia bântuită de musoni şi care, în consecință, nu vor putea fi alimentate prea curând cu electricitate solară.81 Efectul combinat al acestor solicitări: între 1992 şi 2019, emisiile de CO2 pe plan mondial au crescut cu circa 65%, iar cele de CH4 cu circa 25%.82

Ce am putea face în deceniile care urmează? Trebuie să începem cu recunoaşterea realităților fundamentale. Înainte, o creştere cu 2°C a temperaturii medii globale era considerată un maximum tolerabil, iar în 2018, IPCC a coborât asta la doar 1,5°C – dar în 2020 deja am adăugat două treimi din acest maximum preferabil al creşterii de temperatură. Mai mult, în 2017, o evaluare care a luat în considerare capacitatea oceanelor de a absorbi carbonul, dezechilibrele energetice ale planetei şi comportamentul particulelor fine în atmosferă a conchis că încălzirea globală deja produsă (cauzată de emisiile din trecut şi devenită realitate, chiar dacă toate emisiile noi ar înceta instantaneu) a adăugat 1,3°C şi prin urmare ar mai fi nevoie doar de încă 15 ani ca prin aceste emisii noi să se depăşească pragul de 1,5°C.83 Această ultimă analiză a efectelor combinate a concluzionat că suntem deja angajați într-o încălzire globală de 2,3°C.84

Ca de fiecare dată, aceste concluzii au propriile lor marje de eroare, dar pare foarte probabil ca proverbialul cal al încălzirii de 1,5°C să fi scăpat deja din grajd. Chiar şi aşa, multe instituții, organizații şi guverne continuă să teoretizeze despre menținerea calului în padoc. Raportul IPCC privind încălzirea de 1,5°C oferă un scenariu bazat pe o asemenea reversiune bruscă şi persistentă a utilizării combustibililor fosili, încât emisiile de CO2 la nivel planetar s-ar înjumătăți până în 2030 şi ar fi eliminate până în 205085 – iar alți creatori de scenarii ne oferă acum sugestii amănunțite despre cum să punem capăt rapid epocii carbonului fosil. Computerele înlesnesc construirea a numeroase scenarii de eliminare rapidă a carbonului, dar cei care îşi fundamentează căile preferate pe un viitor cu carbon-zero ne datorează explicații realiste, nu doar seturi mai mult sau mai puțin arbitrare de supoziții extrem de improbabile, desprinse de realitățile tehnice şi economice şi care ignoră natura înglobată, scara enormă şi uriaşa complexitate ale sistemelor noastre energetice şi materiale. Trei exerciții recente ne oferă ilustrări excelente ale acestor zboruri ale imaginației neîngrădite de considerațiile lumii reale.

Când confunzi dorinţele cu realitatea

Primul scenariu, pregătit în cea mai mare parte de cercetătorii din UE, porneşte de la supoziția că în 2050 cererea de energie medie globală pe cap de locuitor va fi cu 52% mai mică decât era în 2020. O astfel de scădere substanțială ar face uşor de menținut creşterea temperaturii planetare sub 1,5°C (adică, dacă încă mai credem că un astfel de lucru este posibil).86 Bineînțeles – şi după cum voi

relua în capitolul final – când construim scenarii pentru durate lungi, putem să inserăm orice presupuneri arbitrare ca să se îndeplinească rezultatele preconcepute. Dar cum se aliniază supozițiile acestui scenariu cu trecutul recent?

Reducerea la jumătate a cererii de energie pe cap de locuitor în trei decenii ar fi o înfăptuire uluitoare, dat fiind faptul că în precedenții 30 de ani cererea de energie globală pe cap de locuitor a crescut cu 20%. Proiecția presupune că o cerere de energie mult redusă va fi efectul combinat al îndepărtării de ideea de proprietate asupra bunurilor, al digitalizării vieții cotidiene şi al răspândirii rapide a inovațiilor tehnice privind transformarea şi stocarea diferitelor forme de energie.

Primul dintre motoarele sugerate ale dispariției cererii (să deținem mai puține bunuri) este o credință academică pentru care există puține dovezi, dat fiind că toate categoriile consumului personal – măsurate prin cheltuielile casnice anuale – au crescut chiar şi în țările bogate. Pe o piață deja saturată şi în condițiile unui trafic deja congestionat, numărul de maşini deținute la mia de locuitori din UE a crescut cu 13% între 2005 şi 2017, iar în ultimii 25 de ani a crescut cu circa 25% în Germania şi cu 20% în Franța. Dacă reducerea cererii şi declinul gradual al deținerii de bunuri materiale este dezirabilă şi probabilă, înjumătățirea cererii este o țintă arbitrară şi improbabilă.

Mai important este faptul că cei care propun acest scenariu nerealist permit doar o creştere cu un factor de doi pentru toate modurile de mobilitate în următoarele trei decenii în ceea ce ei numesc Sudul Global (o etichetare comună, dar cât se poate de inexactă a țărilor cu venituri mici, în special din Asia şi Africa), şi o creştere cu un factor de trei în deținerea de bunuri de consum. Dar în China din ultima generație, creşterea s-a produs la o scară cu totul diferită: în

1999, în țară existau doar 0,34 maşini la 100 de locuințe urbane, pentru ca în 2019, numărul acestora să depăşească 40. Asta înseamnă o creştere de peste 100 de ori în numai două decenii.88 În 1990, 1 din 300 de gospodării urbane avea o unitate de aer condiționat montată la fereastră; până în 2018, numărul unităților a crescut la 142,2 pe 100 de gospodării, adică o creştere de peste 400 de ori în mai puțin de trei decenii. În consecință, chiar dacă acele țări al căror standard de viață este astăzi acolo unde se afla China în 1999 ar atinge doar o zecime din dezvoltarea recentă a Chinei, în acele țări s-ar înregistra o creştere de 10 ori a deținerii de autoturisme şi o creştere de 40 de ori a numărului de aparate de aer condiționat. De ce au impresia cei care propun acest scenariu al scăderii cererii de energie că indienii şi nigerienii din zilele noastre nu vor dori să micşoreze distanța care îi separă de gradul de deținere a bunurilor materiale al chinezilor?

Deloc surprinzător, ultimul raport privind decalajul global al producției – un material publicat anual care scoate în evidență discrepanța dintre producția de combustibili fosili planificată de țările individuale şi nivelurile emisiei la nivel planetar necesare pentru a limita încălzirea la 1,5°C sau 2°C – nu relevă niciun fel de angajare în scăderea bruscă a tendințelor; de fapt, chiar dimpotrivă.89 În 2019, principalii consumatori de energii fosile îşi propuneau să producă până în 2030 cu 120% mai mulți combustibili decât ar fi în concordanță cu limitarea încălzirii globale la 1,5°C şi oricare ar fi efectul final al pandemiei de COVID-19, declinul rezultant al consumului va fi atât temporar, cât şi prea mic ca să inverseze tendința generală.

În al doilea scenariu de conformare la obiectivul decarbonizării complete până în 2050, un grup numeros de cercetători din domeniul energiei de la Universitatea

Princeton a schițat transformările necesare în SUA.90 Producătorii scenariului de la Princeton au recunoscut că va fi imposibil să se elimine în întregime consumul de combustibili fosili şi că singura cale de atingere a obiectivului de zero emisii nete este să se recurgă la ceea ce ei denumesc „al patrulea pilon” al strategiei lor generale – la captarea la nivel de masă a carbonului şi depozitarea dioxidului de carbon emis – iar după calculele lor, ar fi nevoie ca anual să se elimine 1,7 gigatone de gaz. Când facem comparația pe o bază de volume echivalente, aceasta ar necesita crearea unei întregi industrii de captare-transportare-depozitare a gazului, care în fiecare an va trebui să prelucreze de 1,3 – 2,4 ori volumul producției actuale de țiței din SUA, o industrie pentru edificarea căreia a fost nevoie de peste 160 de ani şi bilioane de dolari.

Cea mai mare parte a depozitării carbonului ar urma să aibă loc de-a lungul coastei Golfului Texas, iar pentru asta va fi nevoie să se construiască circa 110 000 de kilometri de conducte de CO2 noi, necesitând o viteză nemaiîntâlnită în planificarea, autorizarea şi construirea unor legături extinse într-o societate devenită celebră prin apetența sa pentru litigii şi rezistența de tip NIMBY[11] sau „nu în curtea mea”.91

În acelaşi timp, sume suplimentare de bani vor trebui cheltuite pe dezasamblarea infrastructurii de transmisie existente a industriei americane de petrol şi gaze. Dată fiind bogata experiență istorică în privința depăşirilor considerabile de costuri pe termen lung, nu putem avea încredere în nicio estimare privind cheltuielile pentru următoarele trei decenii, nici măcar în ceea ce priveşte ordinul lor de mărime.

---

[11] Inițialele expresiei „not in my backyard”. (N.t.)

Atingerea decarbonizării complete până în 2050 este un obiectiv blând în comparație cu al treilea scenariu, care extinde obiectivele US Green New Deal (adoptat de Congresul american în 2019) la 143 de țări și descrie modul în care cel puțin 80% din producția de energie la nivel mondial va fi decarbonizată până în 2030 grație energiei regenerabile de tip eolian, hidro și solar (WWS), a cărei furnizare va reduce nevoile generale cu 57%, costurile financiare cu 61% și costurile sociale (legate de sănătate și climă) cu 91%: „Astfel, energia 100% regenerabilă necesită mai puțină energie, costă mai puțin și creează mai multe joburi decât energia curentă”.92 Nu sunt deloc puține instituțiile media, celebritățile și autorii de bestselleruri care repetă, susțin și amplifică aceste afirmații, de la Rolling Stone la New Yorker (nicio surpriză aici) și de la Noam Chomsky (care tocmai își adaugă energia ca ultimul său domeniu de competență) la Jeremy Rifkin, în opinia căruia fără o astfel de intervenție civilizația noastră bazată pe combustibili fosili se va prăbuși până în 2028.93

Dacă ar fi adevărate, aceste afirmații și manifestările entuziaste de susținere a lor ridică o întrebare evidentă: de ce să ne mai facem griji în privința încălzirii globale? De ce să ne înspăimânte ideea unei morți planetare timpurii, de ce să simțim imboldul de a ne alătura Rebeliunii împotriva Extincției? Cine s-ar putea opune unor soluții care sunt și ieftine, și cu efecte aproape instantanee, creează nenumărate joburi bine plătite și asigură un viitor lipsit de griji pentru generațiile viitoare? Nu trebuie decât să cântăm cu toții din această carte a imnurilor verzi, să urmăm aceste prescripții complet regenerabile și o nouă nirvana planetară va sosi în doar un deceniu – sau, dacă lucrurile mai întârzie un pic, până în 2035.94

Din păcate, o lectură atentă ne arată că aceste prescripții magice nu oferă nicio explicație pentru modul în care cei patru piloni materiali ai civilizației moderne (cimentul, oțelul, materialele plastice şi amoniacul) vor fi produse numai cu electricitate regenerabilă şi nici nu explică în mod convingător cum transportul aviatic, naval şi rutier (cărora le datorăm globalizarea economică modernă) ar putea să scape de dependența de carbon în proporție de 80% până în 2030; ele doar afirmă că aşa ceva va fi posibil. Cititorii atenți îşi vor aminti (vezi capitolul 1) că în primele decenii ale secolului XXI, eforturile fără precedent ale Germaniei în ceea ce priveşte decarbonizarea (bazată pe energiile eoliană şi solară) au reuşit să crească până la 40% cotele parte ale electricității de origine eoliană şi solară, dar cota parte a combustibililor fosili în utilizarea primară a energiei a scăzut doar de la 84 la 78%.

Ce opțiuni miraculoase vor sta la dispoziția țărilor africane, care acum se bazează pe combustibili fosili pentru a furniza 90% din energia lor primară astfel încât să-şi scadă dependența la 20%, economisind totodată sume enorme de bani? Şi cum vor reuşi China şi India (ambele țări continuând să-şi extindă extracția de cărbune şi generarea electricității pe bază de cărbune) să renunțe dintr-odată la cărbune? Dar aceste critici la adresa scenariilor publicate privind transformarea rapidă sunt într-adevăr irelevante. N-are niciun sens să argumentezi împotriva a ceea ce în esență este echivalentul academic al science fiction-ului. Acestea încep prin stabilirea arbitrară a unor obiective (zero până în 2030 sau 2050) şi merg apoi retroactiv pentru a introduce acțiuni prezumate care să se alinieze cu acele realizări, fiind prea puțin sau deloc preocupate de nevoile socioeconomice reale şi de imperativele tehnice.

Prin urmare, realitatea ne presează de la ambele capete. Scara enormă, costurile şi inerția tehnică a activităților dependente de carbon fac imposibilă eliminarea tuturor acestor utilizări în doar câteva decenii. Aşa cum am detaliat în capitolul despre energie, nu putem să punem capăt acestei dependențe atât de rapid şi toate previziunile realiste pe termen lung concură: mai ales, chiar şi în cel mai agresiv scenariu de decarbonizare al IEA, până în 2040 combustibilii fosili vor furniza 56% din cererea de energie globală la nivel planetar. Similar, scara enormă şi costurile cererilor pentru materiale şi energie fac imposibilă recurgerea la captarea directă din aer ca la o componentă decisivă a decarbonizării globale rapide.

Dar putem realiza lucruri importante nu prefăcându-ne că urmărim realizarea unor obiective nerealiste şi arbitrare. Un aspect cât se poate de evident este că istoria nu se desfăşoară ca un exercițiu academic computerizat, în care realizările importante cad în ani care se termină cu zero sau cinci; este plină de discontinuități, reversiuni şi abateri imprevizibile. Putem trece destul de repede la înlocuirea electricității pe bază de cărbune la cea pe bază de gaze naturale (când sunt produse şi transportate fără scurgeri semnificative de metan, acestea au o intensitate substanțial mai mică decât cărbunele) şi prin extinderea generării eoliene şi solare a electricității. Ne putem despărți de SUV-uri şi să accelerăm răspândirea la nivel de mase a maşinilor electrice şi încă mai avem deficiențe mari în utilizarea electricității în construcții, în gospodării şi în activitățile comerciale, care pot fi reduse sau eliminate în mod profitabil. Dar nu putem schimba instantaneu cursul unui sistem complex care constă în peste 10 miliarde de tone de cărbune fosil şi să transformăm energiile la o rată mai mare de 17 terawați, doar pentru că cineva decide că, într-un

viitor apropiat, curba consumului global își va înceta ascensiunea lungă de secole și va trece imediat la un declin susținut și relativ rapid.

Modele, îndoieli **și** realit**ăți**

Care este motivul pentru care unii oameni de știință continuă să schițeze astfel de curbe descendente, care conduc la o decarbonizare aproape instantanee? Și de ce alții promit sosirea iminentă a unor super-soluții tehnice, care vor susține niveluri ridicate de trai pentru întreaga omenire? Și de ce sunt aceste propuneri iluzorii luate atât de des drept previziuni serioase și sunt atât de ușor crezute de oameni care n-ar încerca nicio secundă să le pună la îndoială supozițiile? Voi avea mai multe de spus despre acest lucru în capitolul final, dar aici voi aminti câteva observații legate de preocuparea, devenită acum atât de dominantă, privind schimbările de mediu la nivel planetar.

De omnibus dubitandum (Îndoiește-te de orice) trebuie să fie nu doar un citat cartezian durabil, ci trebuie să rămână însăși fundația metodei științifice. Vă amintiți că am deschis acest capitol cu o listă de nouă granițe planetare, a căror încălcare pune în pericol starea de bine a biosferei noastre? Păstrarea lor în cadrul unor limitări sigure pare a fi o concluzie evidentă pentru că ele identifică cele mai importante preocupări existențiale perene – și totuși o listă pregătită cu 40 de ani în urmă ar fi arătat cu totul altfel. Ploaia acidă (sau, mai corect, precipitațiile acidificatoare) ar fi fost, cel mai probabil, pe primul loc, deoarece, la începutul anilor 1980, erau văzute, printr-un larg consens, drept principala problemă a mediului înconjurător.95

Sărăcirea ozonului stratosferic ar fi lipsit din listă pentru că mult hulita gaură din pătura de ozon de deasupra Antarcticii a fost descoperită abia în 1985. Iar dacă ar fi fost prezentă, schimbările climatice antropogene şi acidificarea oceanelor asociată cu acestea s-ar fi aflat aproape de josul listei.96 Şi chiar dacă ne-am concentra pe îngrijorări perene cum ar fi schimbarea utilizării terenurilor (dominată de despăduriri), pierderea biodiversității (de la emblematicii urşi panda şi koala la coloniile de albine şi rechini), şi proviziile de apă dulce, îngrijorările noastre au evoluat considerabil, devenind mai acute în unele privințe (acum ne facem mai multe griji cu privire la retragerea apei subterane şi excesul de nutrienți care creează zone moarte în regiunile de coastă) şi mai puțin presante în altele (probabil cel mai remarcabil este faptul că pădurile au înregistrat o revenire substanțială, nu doar în toate țările bogate, ci şi în China).97·

Când privim spre viitor, trebuie să redobândim o perspectivă critică în abordarea tuturor modelelor care explorează aspectele complexe de mediu, tehnice şi sociale. Nu există limite pentru asamblarea unor astfel de modele sau, cum se spune într-un limbaj la modă, construirea de narațiuni. Autorii lor pot alege, aşa cum au făcut în ultima vreme atât de multe modele climatice, supoziții excesive privind utilizarea energiei în viitor şi pot obține niveluri foarte ridicate ale încălzirii, generând titluri de presă care evocă un viitor infernal.98 Adoptând o abordare opusă, alți creatori de modele pot să postuleze că până în 2050 se va trece 100% la electricitate termonucleară ieftină sau pe bază de fuziune rece ori, alternativ, pot permite expansiunea fără limite a arderii combustibililor fosili, pentru că modelul lor foloseşte nişte tehnici miraculoase, care nu doar că vor îndepărta din atmosferă orice volum de CO2, dar îl vor şi recicla ca

materie primă pentru sintetizarea combustibilului lichid – toate acestea cu costuri care vor scădea constant.

Bineînțeles, ei mărşăluiesc alături de mulțimile entuziasmate de noile tehnologii, a căror naivitate compară toate schimbările tehnice cu recentele dezvoltări din industria electronică, în special în domeniul telefoanelor mobile. Iată cum se exprima un director executiv din domeniul energiei verzi în 2020: „Vă amintiți cum am transformat telefonia de la telefoanele fixe la cele mobile, televiziunea de la ceea ce se difuza la televizor la ceea ce ne place să vizionăm, de la cumpărarea ziarelor la personalizarea fluxurilor noastre de ştiri? Revoluția energetică, dirijată de oameni şi propulsată de tehnologie, va fi la fel”.99 Cum s-ar putea ca schimbarea unui dispozitiv (de la cel fix la cel mobil), a cărui utilizare sigură depinde de un sistem masiv, complex şi extrem de fiabil de generare a electricității (dominat de mii de centrale pe bază de combustibili fosili, nucleare şi hidrocentrale), de transformare şi transport (cuprinzând sute de mii de kilometri de rețele de întindere națională sau chiar continentală)să fie la fel ca schimbarea întregului sistem de la bază?

O mare parte din această gândire fără oprelişti apare aşa cum este intenționată – de la înspăimântătoare la minunată – şi pot să înțeleg de ce mulți oameni sunt atraşi fie de aceste amenințări, fie de sugestiile nerealiste. Doar imaginația limitează aceste supoziții: ele acoperă întreagă gamă, de la destul de plauzibile la evident iluzorii. Este vorba de un gen ştiințific nou în care doze substanțiale de gândire care ia iluziile drept realitate sunt amestecate cu câteva adevăruri solide. Toate aceste modele trebuie văzute în principal ca exerciții euristice, ca baze pentru gândirea referitoare la variante şi abordări, şi nu trebuie nicio clipă

confundate cu descrieri clarvăzătoare ale viitorului nostru. Îmi doresc ca această dojană să fie atât de evidentă, atât de banală şi atât de superfluă precum pare!

Indiferent de gravitatea percepută (sau modelată) a provocărilor globale de mediu, nu există soluţii rapide, universale şi larg accesibile la despăduririle tropicale sau la pierderea biodiversităţii, la eroziunea solului sau la încălzirea globală. Dar încălzirea globală prezintă o provocare neobişnuit de dificilă tocmai pentru că este un fenomen cu adevărat global şi fiindcă cea mai importantă cauză antropogenă a sa este arderea combustibililor care constituie masiva fundaţie energetică a civilizaţiei moderne. În consecinţă, energiile care nu se bazează pe carbon vor putea înlocui complet carbonul fosil într-un interval de unu până la trei decenii NUMAI dacă vom fi dispuşi să suportăm o reducere substanţială a nivelului de trai în toate ţările bogate şi să negăm ţărilor în curs de modernizare din Asia şi Africa ameliorări ale nivelului de trai colectiv cu măcar o fracţiune din ceea ce a realizat China din 1980 încoace.

Totuşi, reduceri substanţiale ale emisiilor de carbon – ca rezultat al combinaţiei dintre creşterile continue de randamente, o mai bună proiectare a sistemelor şi moderarea consumului – sunt posibile şi o urmărire hotărâtă a acestor obiective va limita în cele din urmă rata încălzirii globale. Dar nu putem şti în ce măsură vom reuşi asta până în 2050, iar să ne gândim la anul 2100 ne depăşeşte cunoştinţele. Putem descrie cazuri extreme, dar în doar câteva decenii, paleta rezultatelor posibile devine prea largă şi, în orice caz, progresul oricărei decarbonizări finale este condiţionat nu doar de acţiunile noastre reparatorii deliberate, ci şi de schimbările imprevizibile survenite în bogăţiile naţionale.

A existat oare un singur creator de modele climatice care să prezică în 1980 cel mai important factor antropogen care a determinat creşterea încălzirii globale în ultimii 30 de ani: ascensiunea economică a Chinei? La acea dată, chiar şi cele mai bune modele, toate fiind descendente directe ale modelelor circulației atmosferice globale dezvoltate în anii 1960, nu aveau nicio şansă să reflecte schimbările imprevizibile ale avuțiilor naționale şi în acelaşi timp ignorau interacțiunile dintre atmosferă şi biosferă. Ceea ce n-a făcut acele modele inutile, pentru că ele au presupus o creştere continuă a emisiilor de gaze cu efect de seră la nivel planetar şi, în general, au prezis destul de exact rata încălzirii globale.100

Numai că o bună estimare a ratei generale este doar începutul. Pentru a folosi încă o dată analogia COVID-19, aceasta ar echivala cu a face o prognoză în 2010 potrivit căreia – pornind de la informațiile legate de ultimele trei pandemii şi ajustând pentru o populație mai numeroasă – numărul deceselor la nivel mondial în primul an al următoarei pandemii globale va fi de circa 2 milioane.101 Asta s-ar apropia foarte mult de totalul efectiv – dar oare acea prognoză (presupunând corect, pe baza numeroaselor antecedente, că pandemia va izbucni în China) ar atribui totodată doar 0,24% din acele decese (în termeni absoluți, mai puține decât în Grecia sau Austria) Chinei, o țară în care trăieşte aproape 20% din toată populația planetei – şi aproape 20% Statelor Unite, o țară mult mai bogată şi (cu siguranță crede asta despre sine) mult mai competentă, cu mai puțin de 5% din populația mondială?

Şi, chiar mai incredibil, ar fi prezis că numărul cel mai mare de decese va fi concentrat în cele mai bogate economii occidentale, care se mândresc cu sistemele avansate de ocrotire a sănătății oferite de stat? În martie 2021, când

pandemia a intrat oficial în al doilea an (OMS a proclamat-o pe 11 martie 2020, deşi infecția se răspândise în China cel puțin din decembrie 2019), toate primele 10 țări cu cele mai mari mortalități cumulative (peste 1 500 pe milion; sau 1,5 din fiecare 1 000 de oameni a murit de COVID-19) erau din Europa, inclusiv 6 țări din UE şi Regatul Unit. Şi cine ar fi putut să prevadă că mortalitatea din SUA (şi ea peste 1 500) va fi cu două ordine de mărime peste cea a Chinei, de 3 morți la 1 milion?102 În mod evident, chiar şi o prognoză extrem de exactă a mortalității totale provizorii cauzate de COVID-19 nu ar furniza nicio îndrumare specifică pentru formularea celor mai bune răspunsuri la nivel național.

În mod asemănător, ascensiunea post-1980 a Chinei (precum şi a Indiei) a schimbat circumstanțele oricărui răspuns la creşterea emisiilor de gaze cu efect de seră la nivel mondial. În 1980, la patru ani de la moartea lui Mao Zedong, produsul economic pe cap de locuitor al Chinei era mai puțin de un sfert din media nigeriană şi nu existau automobile private; doar liderii de la vârful Partidului Comunist care locuiau în izolarea oferită de Zhongnanhai (fosta grădină imperială din Oraşul Interzis, acum sediul central al Partidului Comunist) beneficiau de aer condiționat; iar China producea doar 10% din emisiile globale de CO2.103

În 2019, China era cea mai mare economie a lumii din perspectiva puterii de cumpărare; PIB-ul pe cap de locuitor era de cinci ori cât media nigeriană; țara era cel mai mare producător de automobile din lume; jumătate din toate locuințele urbane aveau câte două unități de aer condiționat montate la ferestre; lungimea rețelei sale de trenuri rapide depăşea lungimea combinată a tuturor legăturilor feroviare din țările UE; şi circa 150 de milioane din cetățenii săi călătoriseră în străinătate. În acelaşi timp, țara emitea acum

30% din dioxidul de carbon planetar generat de combustibilii fosili. În schimb, emisiile combinate din SUA şi UE28 au scăzut de la 60% din totalul mondial în 1980 la 23% în 2019 şi (ca urmare a ratelor scăzute ale creşterii economice, îmbătrânirii şi chiar declinului populațiilor şi a delocalizării pe scară largă a producției industriale în Asia) şi este extrem de improbabil să mai crească vreodată contribuția lor combinată.

Privind spre viitor, cea mai mare parte din puterea necesară pentru a instaura schimbări semnificative va sta tot mai mult în modernizarea economiilor din Asia: excluzând țările cu venituri mari şi cu o creştere lentă sau chiar zero a populației (Japonia, Coreea de Sud şi Taiwan), continentul produce acum jumătate din totalul emisiilor. Şi, cu toate că transformarea în curs a Africii sub-sahariene a fost mult mai lentă, populația ei combinată de circa 1,1 miliarde aproape că se va dubla în următorii 30 de ani, va cuprinde cu aproape 50% mai mulți locuitori decât China (țara pe care toate economiile cu venituri scăzute vor s-o emuleze) şi o evaluare critică a viitorului electricității pentru acest continent indică spre un blocaj al emisiilor de dioxid de carbon, în care generarea pe bază de combustibili fosili rămâne dominantă, iar cota energiilor regenerabile non-hidro rămâne sub 10% în 2030.104

Înălțarea şi declinul națiunilor nu este singura incertitudine legată de progresul şi efectele încălzirii globale. Vestea bună recentă este că pădurile lumii au fost un rezervor de absorbție a carbonului (stocând mai mult decât emit), scoțând din circuit cam 2,4 miliarde de tone de carbon în fiecare dintre anii cuprinşi între 1990 şi 2007, iar datele satelitare pentru 2000 – 2017 arată că o treime din suprafața acoperită cu vegetație a planetei s-a înverzit (prezentând o creştere semnificativă a suprafeței medii

acoperite anual de plantele cu frunze verzi, ceea ce confirmă că acum este absorbită şi depozitată o cantitate mai mare de carbon) şi doar 5% s-a colorat în brun (arătând o pierdere de frunze semnificativă).105 Acest efect a fost deosebit de evident în terenurile agricole cultivate intensiv din China şi India, iar în China efectul a mai fost observat şi în pădurile aflate în extindere ale ţării.

Dar vestea nu la fel de bună (ştiaţi că o să vină...) este că între 1900 şi 2015 biosfera a pierdut 14% din numărul total al arborilor ca urmare a tăierilor şi, nu mai puţin semnificativ, mortalitatea în rândul copacilor s-a dublat în aceeaşi perioadă, copacii mai bătrâni (şi mai înalţi) reprezentând o parte mai mare din aceste pierderi. Pădurile lumii devin mai tinere şi mai puţin înalte, nemaifiind prin urmare capabile să depoziteze la fel de mult carbon ca în trecut.106 Ratele mai mari de creştere par să scurteze viaţa arborilor pentru aproape toate speciile şi climatele, astfel încât existenţa unor depozite substanţiale de carbon s-ar putea să fie doar trecătoare.107· Şi, de câte ori nu aţi auzit că, în mod inevitabil, primele locuri care vor dispărea sub nivelurile crescute ale mării cauzate de încălzirea globală vor fi cele de pe coaste în general şi ţările-insule din Pacific în particular?108 Cu toate acestea, o analiză recentă a schimbării ţărmurilor într-o perioadă de patru decenii în toate cele 101 insule din ţara de atoli din Pacific numită Tuvalu (la nord de Fiji şi la est de Insulele Solomon) arată că, de fapt, suprafaţa de uscat a ţării a crescut cu aproape 3%.109 Concluziile pripite şi generalizatoare trebuie evitate întotdeauna.

Evoluţia societăţilor este afectată de imprevizibilitatea comportamentului uman, de schimbările bruşte ale traiectoriilor istorice îndelungate, de înălţarea şi declinul naţiunilor, şi este însoţită de capacitatea noastră de a pune

în practică schimbări semnificative. Aceste realități afectează multe procese complexe (şi departe de a fi înțelese în mod satisfăcător) ale biosferei. Şi pentru că adesea dau naştere unor răspunsuri naturale contradictorii, cum ar fi faptul că pădurile sunt în acelaşi timp rezervoare de absorbție şi surse de carbon, este imposibil să spunem cu încredere unde ne vom afla – din perspectiva consumului de combustibili fosili, a ritmului decarbonizării sau a consecințelor asupra mediului – în 2030 sau 2050.

În mod deosebit, ceea ce rămâne sub semnul întrebării este hotărârea noastră colectivă – în acest caz, globală – de a acționa efectiv măcar în privința unor provocări esențiale. Soluții, ajustări şi adaptări sunt disponibile. Țările bogate şi-ar putea reduce considerabil media utilizării energiei pe cap de locuitor şi tot şi-ar păstra o calitate decentă a vieții. Răspândirea largă a unor soluții tehnice simple, pornind de la obligativitatea ferestrelor cu geamuri triple până la proiectarea unor vehicule mai durabile ar avea efecte cumulative semnificative. Reducând la jumătate pierderile alimentare şi schimbând compoziția consumului de carne la nivel planetar am putea reduce emisiile de dioxid de carbon fără să degradăm calitatea hranei.

Remarcabil este faptul că aceste măsuri sunt absente sau au o prioritate scăzută în enumerările tipice ale apropiatelor „revoluții” de reducere a emisiilor de CO2, care se bazează pe depozitarea la scară mare a electricității (încă nedisponibilă) sau pe promisiunea unei captări nerealist de masive a dioxidului de carbon şi a depozitării subterane a acestuia. Nu e nimic nou în aceste aşteptări exagerate.

În 1991, un bine-cunoscut activist de mediu scria despre „diminuarea încălzirii globale pentru distracție şi profit”.110 Dacă această promisiune ar fi adus măcar de departe cu

realitatea, nu ne-am fi confruntat, după trei decenii, cu suferințele morale tot mai mari ale catastrofiştilor încălzirii. În mod similar, acum ni se promit inovații „disruptive” uluitoare şi „soluții” generate de inteligența artificială. Realitatea este că orice măsuri îndeajuns de eficiente vor fi categoric ne-magice, graduale şi costisitoare. Vreme de milenii, am transformat mediul înconjurător la scări tot mai mari şi cu intensitate crescândă şi am obținut multe beneficii de pe urma acestor schimbări – dar, în mod inevitabil, biosfera a avut de suferit. Există modalități de reducere a acelor efecte, dar hotărârea de a le pune în practică la scările necesare a lipsit, iar dacă începem să acționăm într-o manieră suficient de eficientă (iar acum asta impune să o facem la scară planetară) va trebui să plătim un preț considerabil în plan economic şi social. Vom face asta, în cele din urmă, în mod deliberat şi cu spirit vizionar; vom acționa doar când condițiile deteriorate ne vor obliga; sau vom eşua în a acționa într-o manieră semnificativă?

Capitolul 7

Să în**ţ**elegem viitorul

*Între apocalips**ă** **ş**i singularitate*

„Apocalipsă” vine, prin intermediul latinei, din greaca veche, Î¬Ď€ÎżÎşÎ¬Î»Ď…Ď ÎąĎ‚. Literalmente, înseamnă „descoperire”. În contextul creştin, înțelesul s-a deplasat

către o dezvăluire profețită sau o revelație a celei de-a doua veniri, iar în utilizarea modernă termenul a devenit sinonim cu sfârşitul vieții pe Pământ, ziua Judecății de Apoi sau – ca să folosim un alt termen biblic din greacă – Armageddon.1 Clar şi categoric.

Viziunile apocaliptice privind viitorul – cu diferitele iaduri oferite de principalele religii – au fost revitalizate cu tărie de propovăduitorii moderni ai sfârşitului lumii, care au arătat spre creşterea rapidă a populației, poluarea mediului sau acum, într-o măsură tot mai mare, spre încălzirea globală ca fiind păcatele care ne vor duce în infern. Spre deosebire de aceştia, incorigibilii tehno-optimişti continuă tradiția credinței în miracole şi a oferirii mântuirii eterne. Se întâmplă adesea să citim despre modul în care inteligența artificială şi sistemele de învățare profundă ne vor purta tocmai până la „singularitate”. Acest termen vine din latinescul singularis, care înseamnă „individual, unic, fără pereche” – dar în acest capitol el se referă la noțiunea de singularitate propusă de futurologul Ray Kurzweil, adică la semnificația matematică a termenului ca un punct în timp în care funcția capătă o valoare infinită.2 El prezice că, până în anul 2045, inteligența maşinilor va fi depăşit inteligența umană, ceea ce el denumeşte inteligența biologică şi cea non-biologică se vor contopi, iar inteligența maşinilor va umple universul cu o viteză infinită.3 Aceasta este înălțarea supremă. Va face din colonizarea restului universului o întreprindere inevitabil lipsită de eforturi.

Modelarea pe termen lung a sistemelor complexe se bazează adesea pe producerea unei palete de rezultate posibile constrânse de extreme plauzibile. Apocalipsa şi singularitatea oferă două noțiuni absolute: viitorul nostru va trebui să se situeze undeva în interiorul acestui domeniu atotcuprinzător. Ceea ce a fost atât de remarcabil în

legătură cu anticipările moderne ale viitorului a fost modul în care acestea au gravitat – în pofida tuturor dovezilor disponibile – către una dintre aceste două extreme. În trecut, această tendință spre dihotomie a fost adesea descrisă ca fiind ciocnirea dintre catastrofişti şi cornucopieni, însă aceste etichetări par a fi prea blânde ca să reflecte recenta polarizare extremă a sentimentelor.4 Iar această polarizare a fost însoțită de o mai mare aplecare spre previziunile cantitative perimate.

Le vedem pretutindeni, de la automobile (vânzările mondiale ale vehiculelor electrice pentru pasageri vor atinge 56 de milioane până în 2040) şi carbon (UE va avea emisii nete zero de dioxid de carbon până în 2050) la zborurile la nivel planetar (până în 2037 vor fi 8,2 miliarde de călători).5 Sau cel puțin aşa ni se spune. În realitate, cele mai multe dintre aceste previziuni nu sunt mai bune decât nişte simple presupuneri. Orice valoare numerică pentru 2050 obținută de un model de computer pe baza unor supoziții îndoielnice – sau, şi mai rău, a unei decizii convenabile politic – are o viață de raft foarte scurtă. Sfatul meu: dacă doriți o înțelegere mai bună a felului în care ar putea arăta viitorul, evitați cu totul aceste profeții învechite de tip new-age sau folosiți-le în principal ca dovezi ale aşteptărilor şi prejudecăților predominante.

De generații, firmele şi guvernele au fost cei mai comuni practicieni şi clienți ai previziunilor, apoi, în anii 1950, oamenii de ştiință s-au alăturat jocului în număr mare, iar acum oricine poate fi un prezicător – chiar şi fără nicio competență matematică – prin simpla utilizare a unor programe de calculator sau (aşa cum a fost în vogă în ultimul timp) făcând prevestiri calitative fără nicio bază. Ca în atâtea alte cazuri de întreprinderi nou extinse (fluxurile de informații, educația maselor), cantitatea prognozelor

moderne a devenit invers proporţională cu calitatea lor. Multe prognoze nu sunt altceva decât cele mai simple extrapolări ale unor traiectorii din trecut; altele sunt rezultatul unor modele interactive complicate, care încorporează un număr mare de variabile şi funcţionează folosind supoziţii diferite de fiecare dată (în esenţă, echivalentul numeric al scenariilor narative); în sfârşit, altele abia dacă au vreo componentă cantitativă şi sunt doar scenarii iluzorii, caracterizate de o corectitudine politică excesivă.

Prognozele cantitative se divid în trei categorii largi. Cea mai mică include prognozele care se ocupă de procesele a căror funcţionare este bine cunoscută şi a căror dinamică este inerent restricţionată de un set relativ limitat de rezultate. A doua categorie, mult mai cuprinzătoare, include prognozele care arată direcţia corectă, dar cu incertitudini substanţiale legate de rezultatul specific. Iar a treia categorie (am descris deja câteva dintre specimenele ei recente legate de energie şi de mediu în capitolul precedent) este cea a fabulelor cantitative: astfel de exerciţii de prognoză pot fi doldora de valori numerice, dar acele cifre sunt rezultatele unor supoziţii stratificate (şi adesea discutabile), iar procesele urmărite de aceste basme computerizate vor avea finaluri foarte diferite în lumea reală. Bineînţeles, creatorii lor pot apăra valoarea euristică a unor astfel de exerciţii, în vreme ce utilizatorii neiniţiaţi pot exploata o parte dintre concluzii pentru a-şi întări prejudecăţile sau pentru a desconsidera alternativele plauzibile.

Doar prognozele (proiecţiile, modelele computerizate) din prima categorie oferă indicii solide şi o bună îndrumare, mai ales când privim în viitor doar pe o durată de circa un deceniu. Proiecţiile demografice în general, şi prognozele privind fertilitatea în particular, sunt printre cele mai bune

exemple din această categorie limitată. Să luăm o țară a cărei rată totală a fertilității – adică, numărul de copii pe care o femeie îi are, în medie, în timpul vieții – s-a situat sub nivelul de înlocuire (pentru înlocuirea părinților, în medie, sunt necesari 2,1 copii pe femeie) timp de o generație şi, mai mult, a scăzut de la 1,8 la 1,5 în ultimul deceniu. Este improbabil ca asemenea rate de fertilitate foarte scăzute să poată fi inversate (nicio țară nu a reuşit asta în ultimele trei decenii) pentru a aduce vreo creştere substanțială a populației în următorii 10 ani.6 Cele mai probabile perspective sunt ca fertilitatea fie să-şi revină puțin (de la 1,5 la 1,7), fie să scadă şi mai mult (la 1,3). Deşi este imposibil de stabilit exact valoarea chiar şi numai pentru 10 ani, o prognoză poate oferi o gamă relativ limitată a rezultatelor foarte posibile. De exemplu, prognoza ONU din 2019 privind populația a estimat că totalul pentru Polonia (37,9 milioane în 2020) va scădea la 36,9 milioane, cu abateri în sus şi în jos de doar ±2% față de medie şi (exceptând situația unei imigrații în masă, care este improbabilă într-o țară atât de potrivnică imigrației) există o foarte mare probabilitate ca numărătoarea reală din 2030 să se situeze între acest interval îngust.7·

În schimb, chiar şi proiecțiile pe termen scurt care implică sisteme complexe – cele care reflectă interacțiunea dintre numeroşi factori tehnici, economici şi de mediu, şi care pot fi afectate în mare măsură de un număr de decizii arbitrare, cum ar fi acordarea unor subvenții guvernamentale neaşteptat de generoase sau legi noi ori schimbări politice bruşte – rămân foarte incerte şi până şi perspectivele pentru viitorul apropiat au ca rezultat o gamă largă de rezultate posibile. Prognozele pentru adoptarea la scară mondială a automobilelor electrice sunt un excelent exemplu recent din această categorie.8 Dificultățile tehnice care însoțesc

introducerea electromobilității personale nu au fost insurmontabile, dar sectorul s-a maturizat mult mai lent decât începuseră să proclame cu ani în urmă susținătorii săi lipsiți de spirit critic, în timp ce motoarele cu combustie internă au continuat să-şi îmbunătățească randamentul şi vor oferi în anii care urmează avantajele unor costuri inițiale mai mici, familiaritate îndelungată, de ordinul generațiilor şi service omniprezent.9

Şi, în vreme ce unele țări au promovat agresiv deținerea de maşini electrice oferind subvenții generoase sau stabilind în mod obligatoriu anumite cote parte pentru noile vehicule în viitor, altele au oferit doar un ajutor minor sau deloc. Ca urmare, prognozele anterioare pe termen scurt privind electrificarea la scară mondială a transportului rutier au supraestimat aproape uniform cota parte reală: între 2014 şi 2016, ea fusese prevăzută la 8 – 11% până în 2020, în vreme ce cota parte reală a fost de numai 2,5%.10 Iar în 2019, previziunile pentru maşinile electrice ca parte a tuturor vehiculelor de pe şosele până în anul 2030 se diferențiau cu un ordin de mărime, în vreme ce vânzările efective ale vehiculelor cu combustie internă s-ar putea să fie mai mari decât vânzările maşinilor electrice timp de peste un deceniu.11

A treia categorie de prognoze cantitative este una care merită o examinare mai atentă, pentru că în retrospectivă multe dintre ele nu numai că nu au reuşit să capteze măcar un ordin de mărime adecvat, dar afirmațiile şi concluziile lor s-au dovedit a fi în total dezacord cu ceea ce s-a întâmplat cu adevărat. În mod remarcabil, acest lucru nu este valabil doar pentru bine-cunoscutele profeții istorice, de la cele din Biblie până la cele ale lui Nostradamus.12 Mulți dintre profeții moderni nu s-au descurcat cu mult mai bine şi totuşi, odată cu apariția computerelor omniprezente,

rândurile lor s-au înmulțit şi, cu cererea neostoită din partea media de noi ştiri negative, predicțiile şi scenariile lor au beneficiat de o distribuire fără precedent şi de o atenție tot mai generalizată.

Predicţii eşuate

Dată fiind abundența de prognoze greşite, descrierea lor sistematică, fie după subiect, deceniu sau regiune, ar fi plictisitoare. Cititorii de o anumită vârstă îşi vor aminti că acum ar fi trebuit deja să ne bazăm în întregime (sau cel puțin în mare parte) pe electricitatea nucleară, că avionul Concorde urma să fie doar un preludiu la generalizarea zborurilor intercontinentale supersonice şi că eroarea Y2K ar fi trebuit să oprească toate calculatoarele la 1 ianuarie 2000. Dar o combinație de referiri rapide la câteva cazuri bine-cunoscute şi explicații scurte ale unor eşecuri surprinzător de puțin apreciate ne oferă o revenire la realitate – şi nu există niciun motiv să presupunem că astfel de rateuri vor deveni mai puțin comune. Trecerea de la prognozele relativ simple scrise cu creionul pe hârtie la scenariile computerizate complexe ne uşurează sarcina de a efectua calculele necesare şi de a produce scenarii diferite, dar nu elimină pericolele care-i pândesc pe cei care fac presupuneri. Dimpotrivă – modelele mai complexe care combină interacțiunile factorilor economic, social, tehnic şi de mediu necesită mai multe supoziții şi deschid calea spre erori şi mai mari.

Duelul intelectual dintre cornucopieni şi catastrofişti constituie un punct de plecare evident dacă vrem să descriem unele dintre eşecurile previziunilor devenite de-

acum clasice. Îngrijorările legate de creşterea impetuoasă a populației la niveluri care depăşesc mijloacele disponibile de susținere formulate în anii 1960 pot fi puse pe seama ratelor record, şi la acea dată încă în ascensiune, ale creşterii populației globale. Vreme de milenii, creşterea demografică la nivel mondial a reprezentat o mică fracție dintr-un procent; abia în anii 1770 s-a ridicat la 0,5%, a depăşit 1% la mijlocul anilor 1920, dar spre sfârşitul anilor 1950 s-a apropiat de 2% şi a continuat să se accelereze. În mod inevitabil, fenomenul a fost observat de mulți oameni, în publicațiile specializate şi populare deopotrivă, astfel că în 1960 revista Science, principalul periodic ştiințific din America, a cedat preocupărilor generate de creşterea nestăvilită a populației şi a publicat un calcul absurd potrivit căruia o continuare a ratei istorice de creştere ar avea ca rezultat o creştere cu o viteză infinită a populației globale până pe 13 noiembrie 2026.13

Ca să ajungi la un astfel de rezultat – populația crescând cu o viteză infinită – e nevoie de o imaginație bogată, dar multe alte previziuni, nu la fel de extreme, dar tot catastrofiste, au contribuit la crearea şi mobilizarea mişcării ecologiste moderne.14 Dar nu era necesar să ne temem de o creştere nestăvilită a populației: catastrofiştii au ignorat adevărul simplu conform căruia nici o formă de creştere foarte rapidă nu poate continua la nesfârşit pe o planetă finită. În mod evident, Sfârşitul lumii în 2026 a fost un nonsens. Chiar înainte de finele anului 1960, creşterea populației planetei a atins valoarea maximă de 2,1% pe an, după care a urmat un declin rapid. Astfel, în anul 2000 rata de creştere a fost de 1,32%, pentru ca în 2019 să fie de numai 1,08%.15

Înjumătățirea ratei relative de creştere în 50 de ani şi declinul ulterior al ratei absolute de creştere (de la maximumul de 93 de milioane pe an în 1987 a scăzut la

circa 80 de milioane în 2020), au modificat atât de drastic perspectiva, încât la un moment dat, la începutul anilor 2020, populația planetei va depăşi un jalon demografic important când jumătate din această populație va trăi în țări a căror rată de fertilitate totală este sub nivelul de înlocuire.16 Această nouă realitate atrage imediat după sine noi calcule catastrofiste. Dacă această tendință de scădere a fertilității se va menține, când va înceta să mai crească populația mondială? Şi apoi, inevitabil, când va muri ultimul Homo sapiens? Iar un adept tânăr al catastrofismului ar putea specula din nou cu privire la câte milioane de oameni vor muri de foame (în anii 2080?) – nu din pricina creşterii impetuoase a populației, ci pentru că, pe măsură ce populația îmbătrâneşte şi descreşte pretutindeni, nu vor fi rămas suficienți oameni apți de muncă şi capabili să hrănească omenirea.

Profețiile catastrofiste legate de penuria de resurse nu s-au limitat la hrană. Un alt subiect preferat al acestor viziuni sumbre a fost epuizarea resurselor minerale, iar viitorul țițeiului, cea mai importantă sursă de energie a civilizației secolului XX, a fost subiectul preferat al profețiilor distopice. Prognozele privind atingerea unui vârf al extracției de petrol datează încă din anii 1920, dar au atins noi culmi ale propagării temerilor existențiale în anii 1990 şi în primul deceniu al secolului XXI.17· Unii membri devotați ai sectei „vârfului producției de petrol” credeau că scăderea extracției de țiței ar provoca nu doar prăbuşirea economiilor moderne, ci va readuce omenirea la un stil de viață mult sub nivelurile preindustriale, chiar până la cel al culegătorilor şi vânătorilor din Paleolitic – homininii care au trăit în estul Africii cu două milioane de ani în urmă.18

Şi ce s-a întâmplat în realitate? Catastrofiştilor le-a fost întotdeauna greu să-şi imagineze că ingeniozitatea umană

poate satisface viitoarele necesități legate de hrană, energie şi materiale – dar în decursul ultimelor trei generații am reuşit acest lucru în pofida unei triplări a populației planetare începând din 1950.

În locul milioanelor de decese prevăzute, proporția de oameni subnutriți din țările cu venituri scăzute s-a diminuat constant, de la circa 40% în anii 1960 la numai aproximativ 11% în 2019, iar rezerva medie zilnică de hrană pe cap de locuitor în China, țara cu populația cea mai numeroasă de pe glob, este acum cu 15% mai mare decât în Japonia.19 În locul unui deficit teribil al îngrăşămintelor chimice, aplicarea îngrăşămintelor pe bază de azot a crescut de 2,5 ori față de anul 1975, iar recolta mondială de cereale de bază este acum de circa 2,2 ori mai mare.20 Cât despre țiței, cantitatea totală extrasă a crescut cu două treimi între 1995 şi 2019, iar la finele acelui an, prețul de dinainte de COVID-19 (în valori ajustate după inflație) a fost mai mic decât în 2009.21 Catastrofiştii se înşală, în repetate rânduri.

Iar tehno-optimiştii, care promit nenumărate soluții cvasi-miraculoase, se confruntă cu un palmares la fel de nefavorabil. Unul dintre cele mai bine cunoscute (şi jenant de bine documentate) eşecuri a fost convingerea în puterea atotcuprinzătoare a fisiunii nucleare. Mulți oameni apreciază că succesul parțial obținut de generarea nucleară a electricității (în 2019 a produs 10% din electricitatea planetei, cu cote-parte de 20% în SUA şi, în mod excepțional, circa 72% în Franța) este doar o mică parte din ceea ce multă lume se aştepta înainte de 1980.22 În acea perioadă, oamenii de ştiință prestigioşi şi companiile mari credeau nu numai că fisiunea nucleară va elimina toate celelalte forme de generare a electricității, ci şi că reactoarele inițiale vor fi înlocuite în mare măsură de reactoarele regeneratoare cu neutroni rapizi, capabile să producă

(temporar) mai multă energie decât consumau. Promisiunea nucleară a depăşit cu mult domeniul generării electricității, iar unele idei uluitor de dubioase au fost testate sau chiar investigate, cu costuri mari.

Care decizie a fost mai irațională şi mai sortită eşecului încă din faşă: încercarea de a construi nişte avioane cu propulsie nucleară sau producția de gaz natural asistată de explozii nucleare? Să proiectezi un mic reactor nuclear care să poată propulsa submarine e una; să-l faci suficient de uşor ca să se poată ridica în aer s-a dovedit a fi o provocare insurmontabilă – însă una la care s-a renunțat abia în 1961, după ce s-au cheltuit miliarde de dolari cu această sarcină imposibilă.23 Nici un avion propulsat prin fisiune nucleară nu a reuşit să decoleze vreodată, în schimb, mai multe bombe nucleare au fost detonate în încercarea de a obține o producție cât mai mare de gaze naturale. O bombă de 29 de kilotone (mai mult decât dublul celei aruncate asupra Hiroshimei) a fost detonată în decembrie 1967 în New Mexico, la o adâncime de circa 1,2 kilometri (nume de cod Proiectul Gasbuggy); în septembrie 1969, a fost rândul unei bombe de 40 de kilotone în Colorado; în 1973, trei bombe de câte 33 de kilotone, tot în Colorado; iar Comisia pentru Energie Atomică din SUA anticipa pentru viitor detonări de 40 – 50 de bombe pe an.24 Au fost de asemenea concepute planuri pentru activități de genul folosirii unor explozii nucleare pentru săparea de noi porturi şi folosirea reactoarelor nucleare în propulsarea zborurilor spațiale.

După o jumătate de secol, puține s-au schimbat: profețiile înspăimântătoare şi promisiunile nerealiste abundă. Ultima erupție de catastrofism intensificat s-a concentrat pe degradarea mediului înconjurător în general şi pe îngrijorările legate de schimbările climatice în particular. Jurnaliştii şi activiştii scriu acum despre apocalipsa

climatică, enunțând avertismente finale. În viitor, zonele cele mai potrivite pentru a fi locuite de oameni se vor restrânge, în curând, regiuni mari ale planetei vor deveni nelocuibile, migrația climatică va remodela America şi lumea, venitul mediu global va cunoaşte un declin substanțial, unele profeții afirmă că s-ar putea să mai avem la dispoziție doar circa un deceniu pentru a evita o catastrofă planetară, iar în ianuarie 2020 Greta Thunberg a mers până acolo încât a specificat că ar fi vorba de numai opt ani.25

După doar câteva luni, preşedintele Adunării Generale a ONU ne-a dat 11 ani pentru evitarea unui colaps social complet în urma căruia planeta simultan va arde (suferind incendii de nestăvilit, pe toată durata verii) şi va fi inundată de apă (ca urmare a unei creşteri rapide a nivelului mării). Dar, nihil novi sub sole: în 1989, un alt înalt oficial de la ONU a spus că „guvernele mai au la dispoziție o fereastră de oportunitate de numai 10 ani pentru a rezolva efectul de seră înainte ca acesta să devină de necontrolat", ceea ce înseamnă că în acest moment noi trebuie să fi ajuns cu mult dincolo de limitele oricărui control şi însăşi existența noastră ar putea fi doar ceva care ține de imaginația borgesiană.26 Eu sunt convins că ne-am putea lipsi foarte bine de avalanşa asta de previziuni niciodată mai puțin decât îngrijorătoare şi prea adesea de-a dreptul înspăimântătoare. Cât de util poate fi să ți se spună în fiecare zi că lumea se va sfârşi în 2050 sau chiar în 2030?

Astfel de profeții previzibil de repetitive (oricât de bine intenționate şi oricât de pasional prezentate) nu oferă niciun sfat practic cu privire la aplicarea celor mai bune soluții tehnice, la cele mai eficiente căi de a consacra juridic cooperarea la nivel planetar sau la rezolvarea dificilei sarcini de a convinge populațiile de nevoia unor cheltuieli semnificative ale căror beneficii nu vor putea fi observate în

deceniile care urmează. Şi, desigur, mai sunt şi inutile, conform celor care susțin că „un viitor sustenabil e la îndemâna noastră”, că adepții catastrofismului au un lung istoric de alarmări false, care îşi intitulează scrierile Apocalipsul: nu![12] şi Apocalipsul, niciodată şi care, în contrast flagrant cu temerea că momentul în care cortina finală va cădea peste civilizație, ajung chiar (aşa cum am menționat deja) să spună că văd o nu prea îndepărtată Singularitate.27·

De ce ar trebui să ne temem de vreun pericol – fie el social, economic sau legat de mediu – când până în 2045, ori poate chiar până în 2030, inteligența noastră (sau mai degrabă inteligența dezlănțuită de maşinile pe care le vom fi creat) nu va cunoaşte niciun fel de limite şi, prin urmare, orice problemă va deveni cu totul neînsemnată? În comparație cu această promisiune, oricare dintre recentele afirmații specifice şi necumpătate – de la salvarea prin nanotehnologie la crearea unor noi forme sintetice de viață – pare să fie banală. Ce se va întâmpla? O pierzanie aproape infernală sau omnipotență divină capabilă să atingă viteza luminii?

Pornind de la amăgirile revelate ale profeților din trecut, nici una, nici alta. Nu avem civilizația imaginată la începutul anilor 1970 – una în care foametea la nivel planetar e din ce în ce mai grea sau una în care fisiunea nucleară asigură energie gratuită pentru toată lumea – iar peste încă o generație de acum încolo nu vom ajunge nici la finalul călătoriei noastre evoluționiste, nici nu vom avea o civilizație transformată de Singularitate. Vom fi încă aici în deceniul al

---

[12] În original Apocalypse Not!, aluzie la filmul Apocalypse Now (1979), regizat de Francis Ford Coppola. (N.t.)

patrulea al acestui secol, chiar dacă fără beneficiile inimaginabile ale inteligenței capabile să atingă viteza luminii. Şi vom încerca în continuare să facem imposibilul, să emitem prognoze pe termen lung. Ceea ce cu siguranță va naşte noi situații jenante şi alte previziuni ridicole, alături de alte surprize cauzate de evenimente neanticipate. Extremele sunt destul de uşor de preconizat; în schimb, anticiparea realităților care vor rezulta în urma combinațiilor dintre dezvoltările inerțiale şi discontinuitățile impredictibile rămâne o căutare problematică. Iar această situație nu se va schimba oricâte modelări se vor face, în vreme ce prognozele noastre pe termen lung vor continua să fie eronate.28

Aceasta nu este o contradicție şi nici o prognoză menită să desconsidere viitoarele prognoze, ci doar o concluzie extrem de probabilă, dacă nu chiar inevitabilă, bazată pe interacțiunea imprevizibilă dintre inerția inerentă a sistemelor complexe, cu constantele şi imperativele pe termen lung încorporate, pe de o parte, şi discontinuitățile subite şi surprizele – fie de natură tehnică (creşterea electronicii de uz casnic; posibile inovații în stocarea electricității), fie sociale (prăbuşirea Uniunii Sovietice; o nouă pandemie, mult mai virulentă) – pe de altă parte. Ceea ce face ca toate prognozele să fie şi mai dificil de emis este faptul că acum transformările cheie trebuie să se desfăşoare la scări enorme.

Inerţie, scară şi masă

Noi abateri, noi soluții şi noi realizări vor fi întotdeauna alături de noi. Suntem o specie foarte iscoditoare, cu un

istoric remarcabil de lung al adaptării şi cu înfăptuiri recente şi mai remarcabile menite să facă viața celei mai mari părți a populației planetei mai sănătoasă, mai bogată, mai sigură şi mai îndelungată. Cu toate acestea, persistă şi limitările fundamentale: pe unele dintre ele le-am schimbat datorită ingeniozității noastre, dar astfel de ajustări au propriile lor limite. De exemplu, nu putem elimina nevoia de pământ, apă şi nutrienți în producția de hrană. Aşa cum am văzut, creşterea productivității agricole a scăzut necesarul de teren agricol şi sunt posibile şi alte reduceri dacă vom reuşi să atenuăm şi mai mult diferențele dintre recoltele potențiale şi recoltele obținute în mod real.

Aceste decalaje rămân substanțiale. Chiar şi în țările care folosesc metode de agricultură intensivă (cantități mari de îngrăşăminte, irigații), culturile ar putea creşte cu 20 – 25% peste media obținută recent la porumbul din SUA şi cu 30 – 40% pentru orezul din China – şi, ca urmare a productivității medii încă foarte scăzute, ar putea creşte de două până la patru ori în Africa sub-sahariană.29 În cazul agriculturilor de mare productivitate şi deja optimizate, reducerea terenurilor cultivate poate fi obținută prin suplimentarea relativă mică a irigațiilor şi cantităților de îngrăşăminte. În schimb, pentru Africa vor fi necesare creşteri substanțiale ale cantităților medii de macronutrienți şi extinderea irigațiilor. Ca în multe alte situații, câştigurile relative în performanțele viitoare (în cadrul limitelor biologice) nu trebuie confundate cu o decuplare absolută a variabilelor de output şi de input, atât timp cât populația planetei continuă să crească şi are nevoie de o nutriție mai bună.

În această privință, relatările din media despre agricultura urbană „fără pământ” – cultivarea hidroponică pe terasele clădirilor înalte – sunt totalmente lipsite de vreo înțelegere

reală a necesarului de hrană la nivel global. Astfel de operații cu inputuri ridicate pot produce verdețuri frunzoase (salate, busuioc) şi unele legume (roşii, ardei) a căror valoare nutritivă constă aproape numai în conținutul de vitamina C şi fibre.30 Cu siguranță, cultivarea hidroponică sub iluminare permanentă nu poate fi folosită pentru a produce mai mult de 3 miliarde de tone de cereale şi leguminoase, al căror conținut ridicat de carbohidrați şi relativ mare de proteine şi lipide e necesar pentru a hrăni aproape 8 (care în curând ar putea deveni 10) miliarde de locuitori ai planetei.31

Inerția sistemelor mari şi complexe e pricinuită de nevoile lor energetice şi materiale de bază – precum şi de scara la care acestea operează. Necesitățile de energie şi de materiale sunt permanent afectate de încercarea de a obține randamente mai mari şi procese de producție optimizate, dar creşterea randamentelor şi dematerializarea relativă îşi au limitele lor fizice, iar avantajele aduse de noile alternative vor avea costuri de contrabalansare. Exemple ale unor asemenea realități abundă. Apelând, din nou, la două inputuri fundamentale, necesarul minim teoretic de energie primară pentru producerea oțelului (combinând producția în furnale şi cea în cuptoare cu oxigen de bază) este de circa 18 gigajouli pe tonă de metal incandescent, iar amoniacul nu poate fi sintetizat din elementele componente cu mai puțin de circa 21 gigajouli pe tonă.32

O soluție posibilă ar fi înlocuirea oțelului cu aluminiul. Aceasta scade masa unui anumit proiect, dar producerea aluminiului primar necesită de cinci-şase ori mai multă energie decât cea a oțelului primar şi acest metal nu poate fi folosit în multe aplicații care necesită rezistența mult mai mare a oțelului. Calea cea mai radicală de reducere a costurilor energetice şi a impactului pe care îngrăşămintele

azotoase îl au asupra mediului este să se micşoreze cantitatea folosită. Această soluție poate fi aplicată de țările bogate, cu rezervele lor excesive de hrană şi cu cantitățile uriaşe de alimente irosite, dar sute de milioane de copii subnutriți, mai ales din Africa, au nevoie să bea mai mult lapte şi să mănânce mai multă carne, iar aceste proteine pot fi obținute doar printr-o creştere substanțială a cantității de azot folosite în agricultură. Ca să înțelegem mai bine această concluzie, media anuală de utilizare a îngrăşămintelor azotoase este de circa 160 kilograme pe hectar de teren arabil în UE şi de sub 20 de kilograme în Etiopia, o diferență de un ordin de mărime care ilustrează imensul decalaj în dezvoltare, care este atât de des ignorat în evaluările privind nevoile globale.33

Iar într-o civilizație în care producția de mărfuri esențiale deserveşte în prezent aproape opt miliarde de oameni, orice abatere de la practicile statornicite se loveşte de asemenea în mod repetat de limitările impuse de scară: aşa cum am văzut deja (în capitolul 3), necesitățile materiale fundamentale se măsoară în prezent în miliarde şi sute de milioane de tone pe an. Acest lucru face imposibil fie să se înlocuiască astfel de mase cu mărfuri cu totul diferite – ce ar putea să ia locul a peste 4 miliarde de tone de ciment sau a peste 2 miliarde de tone de oțel? –, fie să se realizeze rapid (în ani, nu în decenii) tranziția la modalități complet noi de producere a acestor materii prime esențiale.

Această inerție inevitabilă a dependențelor la scară largă poate fi depăşită în cele din urmă (să ne amintim că, înainte de 1920, trebuia să dedicăm un sfert din suprafața terenurilor agricole americane pentru obținerea de furaje necesare cailor şi catârilor), dar multe exemple din trecut ale unor transformări rapide nu constituie ghiduri utile pentru a putea deduce din ele intervale de timp plauzibile pentru

orice realizări viitoare. Tranzițiile din trecut se poate să fi fost relativ rapide deoarece valorile numerice implicate au fost mici prin comparație. În 1900, utilizarea de energie primară la nivelul planetei era împărțită aproximativ între biomasa tradițională şi combustibilii fosili dominați de cărbune, iar toți combustibilii fosili furnizau un echivalent de numai circa 1 miliard de tone de cărbune.34 În anul 2020, livrările nete la nivel global de combustibili fosili erau cu un ordin de mărime mai ridicate decât toată energia primară folosită în 1900, şi cu toate că mijloacele noastre tehnice sunt acum superioare în atât de multe privințe, ritmul noii tranziții (decarbonizarea) a fost mult mai lent decât ritmul înlocuirii biomasei tradiționale cu combustibilii fosili.

Cu toate că energia furnizată de noile regenerabile (eoliană, solară, biocombustibili noi) a crescut impresionant, cam de 50 de ori, în primii 20 de ani ai secolului XXI, dependența mondială de combustibili fosili a scăzut doar infim, de la 87 la 85% din rezerva totală, iar cea mai mare parte a acelui declin relativ mic s-a datorat extinderii producției de hidroelectricitate, o formă veche de energie regenerabilă.35 Întrucât necesarul total de energie în 1920 era cu un ordin de mărime mai mic decât în 2020, a fost mult mai uşor să se înlocuiască lemnul cu cărbunele la începutul secolului XX, decât este înlocuirea combustibililor fosili cu noile regenerabile (cu alte cuvinte, procesul de decarbonizare) la începutul secolului XXI. Ca urmare, chiar dacă ritmul recent al decarbonizării s-ar tripla sau ar creşte de patru ori, carbonul fosil tot ar rămâne dominant în 2050.

O eroare de categorisire – prin care se atribuie în mod greşit unui lucru o calitate sau acțiune atribuită în mod corect doar lucrurilor din altă categorie – se află în spatele concluziei des întâlnite, dar profund greşite, potrivit căreia

în această lume nouă şi validată electronic, totul se poate şi se va mişca mult mai rapid.36 Într-adevăr, aşa se întâmplă cu informațiile şi adoptarea noilor gadgeturi personale – dar imperativele existențiale nu aparțin categoriei microprocesoarelor şi telefoanelor mobile. Asigurarea unor provizii suficiente de apă, creşterea şi procesarea produselor agricole, hrănirea şi tăierea în abatoare a animalelor, producerea şi transformarea enormelor cantități de energie primară şi extragerea şi modificarea materiilor prime pentru a fi potrivite numeroaselor utilizări reprezintă întreprinderi a căror scară (necesară pentru a satisface nevoile a miliarde de consumatori) şi infrastructură (care permite producerea şi distribuirea acestor necesități de neînlocuit) aparține categoriilor care sunt destul de distincte față de crearea unui nou profil de social media sau de cumpărarea unui telefon inteligent mai scump.

Mai mult, multe dintre tehnicile care facilitează aceste noi progrese nu sunt nici pe departe noi. Câți dintre cei fascinați de cât de subțiri sunt ultimele telefoane inteligente şi de capacitatea lor de a procesa informațiile ştiu că multe dintre procesele fundamentale care fac posibilă deținerea în masă a acestor dispozitive au o vechime considerabilă? Siliciul de înaltă puritate este baza tuturor microprocesoarelor, inclusiv a celor care asigură funcționarea tuturor dispozitivelor electronice moderne – de la cele mai mari supercomputere la cele mai mici telefoane mobile –, Jan Czochralski fiind cel care a descoperit în 1915 cum se pot creşte cristale singulare de siliciu. În siliciu se încorporează un număr mare de tranzistoare, iar Julius Edgar Lilienfeld a brevetat primul tranzistor cu efect de câmp în 1925. Şi, aşa cum am menționat deja, circuitele integrate au apărut în 1958 – 1959, iar microprocesoarele, în 1971.37·

Cea mai mare parte a electricităţii care asigură funcţionarea tuturor gadgeturilor electronice este generată de turbinele cu aburi, maşini inventate de Charles A. Parsons în 1884, sau de turbinele cu gaz, care au fost folosite pentru prima oară în 1938.[38] În vreme ce a fost posibil să se înlocuiască un miliard de telefoane fixe cu telefoane mobile în decursul unei generaţii, nu va fi posibilă înlocuirea terawaţilor de putere instalată în turbinele cu aburi sau cu gaz cu celule fotovoltaice sau turbine eoliene într-un interval de timp similar. Oricât de complexe ar fi, telefoanele mobile sunt doar nişte dispozitive mici aflate în vârful piramidei uriaşe a unei industrii care generează, transformă şi transmite electricitate şi care necesită ca o infrastructură la scară largă să fie construită, reconstruită şi întreţinută.

Aceste realităţi ne ajută să înţelegem de ce aspectele fundamentale ale vieţii noastre nu se vor schimba drastic în următorii 20 – 30 de ani, în pofida unui torent aproape permanent de afirmaţii privind inovaţii superioare, de la celule solare la baterii litiu-ion, de la imprimantele 3-D capabile să realizeze orice (de la componente microscopice la locuinţe întregi), la bacterii care pot sintetiza benzina. Oţelul, cimentul, amoniacul şi materialele plastice vor rezista în calitatea lor de piloni materiali ai civilizaţiei, o parte substanţială din transporturile mondiale va continua să utilizeze ca sursă de energie combustibili lichizi rafinaţi (benzină şi motorină pentru transporturile auto, kerosen pentru aviaţie şi motorină şi păcură pentru transporturile maritime); terenurile agricole vor fi cultivate de tractoare care tractează pluguri, grape, semănători şi aplicatoare de îngrăşăminte, iar recoltele vor fi strânse de combine care descarcă seminţele în camioane. Blocurile înalte de apartamente nu vor fi imprimate la faţa locului de maşinării uriaşe şi, dacă vom avea în curând o nouă pandemie, atunci

rolul mult lăudatei inteligenţe artificiale va fi, foarte probabil, la fel de insignifiant ca în timpul pandemiei de SARS-CoV-2 din 2020.39

Ignoranţă, persistenţă şi umilinţă

COVID-19 ne-a oferit un memento perfect – şi costisitor – privind capacitatea noastră limitată de a ne planifica viitorul, iar acest lucru nu se va schimba (nu se va putea schimba) în mod dramatic în timpul generaţiei viitoare. Ultima pandemie a venit după un deceniu care a fost inundat de elogierea adulatoare a unor progrese ştiinţifice şi tehnice fără precedent şi presupuse a fi cu adevărat „disruptive”. Dintre ele, pe un loc de frunte s-a situat anticiparea unor utilizări iminente ale puterilor miraculoase ale inteligenţei artificiale şi a reţelelor de învăţare neurală (am putea s-o numim o formă „lite” a Singularităţii), precum şi editarea genomului care va face posibilă crearea după dorinţă a unor forme de viaţă prin inginerie genetică.40

Nimic nu sintetizează mai bine natura excesivă a acestor aserţiuni decât titlul unui bestseller din 2017, Homo Deus de Yuval Noah Harari.41 Şi, dacă mai era nevoie de alte dovezi, atunci COVID-19 a scos în evidenţă lipsa de conţinut a oricăror idei privind presupusa noastră capacitate divină de a ne controla soarta: niciuna dintre acele mult trâmbiţate capacităţi n-a fost de vreun folos în prevenirea creşterii sau în controlarea răspândirii acelor lanţuri virale de ARN. Cel mai bun lucru pe care l-am putut face a fost să ne comportăm asemenea rezidenţilor din oraşele italiene ale Evului Mediu: să stăm departe de ceilalţi, să rămânem în case timp de 40 de zile, izolaţi timp de quaranta giorni.42

Vaccinurile au apărut relativ repede, dar ele nu îi vindecă pe cei afectați de boală şi nici nu previn următoarea pandemie. Şi astfel trebuie să ne rugăm că următorul eveniment (pentru că întotdeauna va fi unul următor!) va avea loc abia după decenii de epidemii virale sezoniere relativ liniştite şi nu peste doar câțiva ani şi într-o formă mult mai virulentă.

Impactul pe care l-a avut COVID-19 în țările bogate în general şi în Statele Unite în particular mai ilustrează şi cât de deplasate au fost unele dintre mult lăudatele (şi foarte costisitoarele) noastre activități cu virtuți de formare a viitorului. În prim-planul acestora s-au aflat reluarea paşilor de efectuare a zborurilor spațiale cu echipaj uman şi îndeosebi obiectivul SF al unor misiuni spre Marte; încercarea de trecere la medicina personalizată (diagnosticare şi tratament adaptate la pacienți individuali pe baza riscurilor sau răspunsurilor lor specifice la o boală), în legătură cu care The Economist a publicat un raport special pe 12 martie 2020, tocmai când COVID-19 a început să facă ravagii în Europa şi America de Nord, umplând spitalele orăşeneşti cu bolnavi privați de oxigen; şi preocuparea pentru o conectivitate tot mai rapidă, cu nesfârşitele reclame pe tema beneficiilor aduse de rețelele 5G.43 Cât de irelevante sunt toate aceste căutări câtă vreme (ca să folosim un clişeu) singura superputere rămasă n-a putut să le ofere doctorilor şi asistentelor sale suficient echipament de protecție, inclusiv obiecte de o tehnicitate scăzută, cum ar fi mănuşi, măşti, bonete şi halate?

Drept urmare, SUA a fost nevoită să plătească prețuri exorbitante Chinei – țara în care arhitecții geniali ai globalizării au concentrat aproape în întregime manufacturarea acestor articole esențiale – pentru a-şi asigura aducerea pe calea aerului a unor cantități inadecvate de echipamente de protecție numai ca să poată

preveni închiderea spitalelor în toiul pandemiei.44 Țara care cheltuieşte în fiecare an peste o jumătate de bilion de dolari în scopuri militare (mai mult decât toți adversarii potențiali laolaltă) a fost nepregătită pentru un eveniment care era absolut sigur că se va produce şi nu a avut suficiente provizii medicale de bază: investiții de câteva sute de milioane de dolari pentru producerea lor pe plan intern ar fi redus semnificativ pierderile economice generate de COVID-19, măsurate în sume de ordinul bilioanelor!45

Nici în Europa lucrurile n-au stat altfel. Statele membre s-au angajat într-o competiție pentru aducerea cu avioanele a materialelor de protecție din China; mult clamata absență a granițelor s-a transformat repede în aranjamente de tip fortăreață; tot mai strânsa uniune n-a reuşit să coordoneze un răspuns unitar la scara întregii uniuni; iar în primele şase luni ale pandemiei, patru dintre țările cu populația cea mai numeroasă de pe continent (Marea Britanie, Franța, Italia şi Spania) şi două dintre țările cele mai bogate (Elveția şi Luxemburg) – ale căror sisteme de sănătate au fost lăudate vreme de decenii ca întruchipări ale excelenței – au înregistrat unele dintre cele mai ridicate mortalități pandemice.46 Crizele expun realitatea şi dau la o parte starea de confuzie şi elementele de distragere a atenției. Răspunsul lumii bogate la COVID-19 merită un singur comentariu ironic: Homo deus într-adevăr!

În acelaşi timp, reacția lumii bogate la COVID-19 ilustrează atitudinea noastră nerealistă perenă față de realitățile fundamentale cauzată de faptul că uităm chiar şi experiențele traumatice. Când a izbucnit pandemia de COVID-19, nu m-am aşteptat ca această provocare să fie plasată în cadrul unor perspective istorice corespunzătoare (la ce altceva ne mai putem aştepta într-o societate dominată de mesajele de pe Twitter?), şi nu am fost surprins

de referințele la gripa spaniolă din anii 1918 – 1919, care a pricinuit numărul cel mai mare, deşi extrem de incert la nivel global, de decese pandemice din istoria modernă.47· Dar, aşa cum am observat deja în capitolul despre riscuri, de atunci am trecut prin alte trei episoade notabile (şi mult mai bine înțelese), care însă nu au lăsat vreo amprentă adâncă în memoria noastră colectivă.

Am sugerat deja unele explicații, dar altele sunt plauzibile. A fost oare bilanțul de peste un milion de morți din anii 1957 – 1958 (în majoritatea țărilor având loc treptat, pe durata a 6 – 9 luni) văzut prin prisma pierderilor mult mai mari din cel de-al Doilea Război Mondial, care erau încă vii în memoria tuturor adulților? Sau percepția noastră colectivă s-a schimbat într-o asemenea măsură, încât nu mai putem accepta faptul că o mortalitate temporară excesivă ne va depăşi mereu capacitatea de control? Sau este vorba pur şi simplu de faptul că uitarea este un complement esențial al aducerii aminte, fie la nivel personal, fie la nivel colectiv, şi că nici acest lucru nu se va schimba când vom fi iar şi iar surprinşi de ceea ce ar fi fost de aşteptat?

Persistența este la fel de importantă ca uitarea. În pofida promisiunilor referitoare la noi începuturi şi plecări cutezătoare, în scurt timp vechile tipare comportamentale şi vechile abordări ies din nou la suprafață şi pregătesc terenul pentru încă o rundă de eşecuri. Îi rog pe toți cititorii care se îndoiesc de acest lucru să vadă care au fost sentimentele din timpul şi imediat după marea criză financiară din anii 2007 – 2008 şi să le compare cu experiența post-criză. Cine au fost cei găsiți responsabili pentru această cvasi-prăbuşire sistemică a ordinii financiare? Ce schimbări fundamentale de abordare (în afară de uriaşele injecții de bani noi) s-au realizat pentru reformarea unor practici dubioase sau pentru reducerea inegalităților economice?48

Revenind la exemplul COVID-19, acest tipar al persistenței înseamnă că nimeni nu va fi găsit vreodată responsabil pentru vreuna dintre numeroasele erori strategice care au garantat gestionarea defectuoasă a pandemiei chiar înainte ca aceasta să înceapă. Fără îndoială, unele audieri sporadice şi câteva rapoarte ale unor grupuri de reflecție vor produce o listă de recomandări, dar acestea vor fi imediat ignorate şi nu vor influența în niciun fel obişnuințele adânc înrădăcinate. A luat omenirea vreo măsură hotărâtă după pandemiile din 1918 – 1919, 1958 – 1959, 1968 – 1969 şi 2009? Guvernele nu vor asigura provizii adecvate din produsele necesare, iar răspunsul lor va fi la fel de inconsecvent – dacă nu chiar la fel de incoerent – ca de fiecare dată. Profiturile oferite de manufacturarea la scară largă şi dintr-o sursă unică nu vor fi schimbate pentru producția descentralizată mai puțin vulnerabilă, dar mai scumpă. Iar oamenii îşi vor relua obişnuințele de socializare globală permanentă, odată cu revenirea la zborurile intercontinentale şi croazierele spre nicăieri, deşi e greu să-ți imaginezi un incubator de virusuri mai bun decât un pachebot cu echipaj de 3 000 de oameni şi 5 000 de pasageri, dintre care adesea mulți sunt persoane vârstnice suferind deja de multe boli preexistente.49

Aceasta înseamnă de asemenea că va trebui, din nou, să reînvățăm cum să ne reconciliem cu realitățile care ne depăşesc puterea de control. COVID-19 constituie un memento util. Pandemia a cauzat cea mai ridicată mortalitate excesivă printre persoanele cele mai vârstnice şi, aşa cum am menționat deja, acest rezultat este în mod evident legat chiar de eforturile noastre încununate de succes de creştere a speranței de viață.50 Fiind născut în 1943, m-am numărat printre zecile de milioane de beneficiari ai acestei tendințe – dar nu le putem avea pe

toate deodată: speranța de viață mai lungă va fi însoțită de o vulnerabilitate mai mare. Deloc surprinzător, comorbiditățile specifice vârstei înaintate – de la hipertensiunea şi diabetul destul de larg răspândite până la forme mai puțin comune de cancer sau de imunitate compromisă – au fost cei mai buni factori de predicție pentru mortalitatea virală în exces.51

Totuşi, asta nu ne va împiedica (la fel cum nu s-a întâmplat în 1968 sau 2009) să facem şi mai mulți paşi spre prelungirea speranței de viață, pentru ca apoi să ne temem de consecințele probabile ale acestei căutări (văzute, într-o măsură mai mică, dar totuşi substanțială, chiar şi în timpul epidemiilor de gripă sezonieră). Atât doar că data viitoare riscul va fi semnificativ mai mare deoarece combinația dintre îmbătrânirea naturală şi prelungirea vieții va creşte cu mult proporția celor care au peste 65 de ani. ONU preconizează că până în 1950 această proporție va creşte cu circa 70%, iar în țările bogate o persoană din patru va avea peste 65 de ani.52 Cum ne vom descurca în 2050 cu o pandemie care s-ar putea să fie mai infecțioasă decât COVID-19, când în unele țări o treime din populație face parte din categoria cea mai vulnerabilă?

Aceste realități demonstrează lipsa de temeinicie a oricăror idei de progres şi de îmbunătățire permanentă promovate de mulți tehno-optimişti ca fiind generale, automate şi inevitabile. Nici evoluția, nici istoria speciei noastre nu urmează o cale mereu ascendentă. Nu există traiectorii previzibile, nici ținte definitive. Toate cunoştințele care se acumulează constant şi capacitatea noastră de a controla un număr tot mai mare de variabile care ne afectează viața (pornind de la producția de alimente care sunt suficiente pentru a hrăni întreaga populație a lumii şi până la inoculările foarte eficiente care previn răspândirea unor boli

infecțioase altădată periculoase) a scăzut riscul general al traiului, dar nu au făcut ca multe dintre pericolele existențiale să fie nici mai previzibile, nici mai gestionabile.

În unele situații critice, succesul şi capacitatea noastră de a evita consecințele cele mai grave s-au datorat faptului că am fost vizionari, vigilenți şi hotărâți să găsim rezolvări eficiente. Printre exemplele notabile putem aminti eliminarea poliomielitei (prin crearea unor vaccinuri eficace), scăderea riscurilor zborurilor comerciale (prin construirea unor avioane mai fiabile şi introducerea unor măsuri mai bune de control al zborurilor), reducerea patogenilor alimentari (printr-o combinație între mai buna procesare a alimentelor, refrigerare şi igiena personală) sau faptul că am făcut din leucemia infantilă o boală cu o rată ridicată de supraviețuire (prin chimioterapie şi transplanturi de celule stem).53 În alte cazuri, am fost fără îndoială norocoşi: vreme de decenii am evitat confruntarea nucleară cauzată de o eroare sau un accident (am avut parte de ambele în mai multe ocazii începând din anii 1950), nu doar ca urmare a unor măsuri de siguranță încorporate, ci şi ca urmare a unor judecăți care ar fi putut lua direcții diferite.54 Trebuie spus încă o dată că nu există indicii clare potrivit cărora capacitatea noastră de a preveni eşecurile a crescut în mod uniform.

Fukushima şi Boeing 737 MAX sunt, din păcate, două exemple perfecte ale acestor eşecuri – ambele având consecințe durabile şi la scară mare. Care a fost motivul pentru care compania Tokyo Power a pierdut trei reactoare la centrala sa Fukushima Daiichi pe 11 martie 2011, când au fost lovite de un cutremur şi un tsunami? În definitiv, la doar 15 kilometri mai la sud de centrală, pe acelaşi țărm al Pacificului lovit de acelaşi tsunami, centrala geamănă, Fukushima Daini, nu a fost afectată deloc. Repercusiunile

dezastrului de la Fukushima Daiichi au mers de la pierderea de către Japonia a 30% din capacitatea de generare a electricității până la decizia luată de Germania în 2021 de a-şi închide toate reactoarele – şi, mai presus de toate, la o adâncire şi mai mare a neîncrederii opiniei publice față de fisiunea nucleară ca sursă de energie.55

Şi de ce Boeing – compania care a riscat totul pe dezvoltarea modelului 747 în 1966 şi care a continuat să prezinte noi familii reuşite de avioane de pasageri (ajunse acum la modelele 787) – a insistat să mărească şi mai mult modelul 737 (introdus în 1964), o încercare dubioasă, care a dus la două accidente catastrofale?56 De ce aparatul nu a primit interdicție de zbor, fie de la Boeing, fie de la Administrația Federală de Aviație, imediat după primul accident fatal? Şi în acest caz, consecințele acestor eşecuri au fost profunde: mai întâi, imobilizarea temporară la sol a întregii flote de 737 MAX începând din martie 2019, apoi încetarea producerii avionului şi anularea noilor comenzi. Pe termen lung, aceasta va afecta capacitatea companiei Boeing de a introduce un proiect foarte necesar care să înlocuiască modelul îmbătrânit 757 (toate aceste consecințe fiind amplificate de prăbuşirea zborurilor internaționale cauzată de COVID).

Ținând cont de numărul de noi proiecte, structuri, procese complexe şi operațiuni interactive, eşecurile ilustrate de Fukushima şi de Boeing 737 MAX nu pot fi prevenite, iar în următoarele decenii vom vedea alte (şi imprevizibile) manifestări ale acestei realități. Viitorul este o reluare a trecutului – combinație de progrese admirabile şi de piedici (in)evitabile. Dar când privim înainte, există ceva nou, acea convingere tot mai mare (deşi nu unanimă) că, dintre toate riscurile cu care ne confruntăm, schimbările climatice la nivel planetar sunt cele care trebuie abordate cu maximă

urgență și eficiență. Și există două motive fundamentale pentru care această combinație de viteză și eficacitate va fi mult mai greu de realizat decât se presupune în general.

Angajamente **fără** precedent, recompense întârziate

Ca să putem face față acestei provocări, va fi nevoie, pentru prima oară în istorie, de un angajament cu adevărat global, care să fie totodată foarte substanțial și prelungit. Să conchidem că vom fi în stare să realizăm decarbonizarea în viitorul apropiat, în mod eficient și la scara necesară, ar contrazice toate dovezile din trecut. Prima conferință ONU dedicată schimbărilor climatice a avut loc în 1992, iar în deceniile care au trecut de atunci au avut loc câteva întruniri la nivel mondial și s-au realizat nenumărate evaluări și studii – dar iată că, după aproape trei decenii, încă nu s-a ajuns la un acord internațional cu efecte juridice, care să modereze emisiile anuale de gaze cu efect de seră și nicio perspectivă privind adoptarea neîntârziată a unui astfel de acord.

Pentru a putea produce rezultatele scontate, un astfel de acord trebuie să aibă o amploare planetară. Asta nu înseamnă că 200 de țări trebuie să-și pună semnătura pe linia punctată: emisiile combinate ale circa 50 de țări mici abia dacă se ridică la nivelul marjei de eroare în cuantificarea emisiilor pentru doar primele cinci producătoare de gaze cu efect de seră. Nu se poate obține niciun progres real până când măcar aceste cinci prime țări, care acum sunt responsabile pentru 80% din toate emisiile, nu acceptă să se angajeze în mod clar și obligatoriu. Dar

suntem departe de inițierea unei astfel de acțiuni concertate la nivel mondial.57· Să ne amintim că mult lăudatul acord de la Paris nu conținea niciun fel de ținte specifice pentru reducerea emisiilor de către cei mai mari emițători ai lumii şi că angajamentele sale neobligatorii nu vor diminua nimic, dimpotrivă, vor avea drept consecință o creştere cu 50% a emisiilor până în 2050!

Mai mult decât atât, orice angajamente care să aibă efectul scontat vor fi costisitoare, vor trebui să dureze cel puțin două generații pentru a se putea obține rezultatul dorit (de reducere considerabilă, dacă nu de eliminare totală, a emisiilor de gaze cu efect de seră) şi chiar nişte reduceri drastice care ar depăşi cu mult orice se poate imagina în mod realist nu vor prezenta vreun beneficiu convingător timp de decenii.58 Aceasta duce la problema extrem de dificilă a dreptății intergeneraționale – altfel spus, tendința noastră neclintită de a diminua valoarea viitorului.59

Conferim mai multă valoare prezentului decât viitorului şi îl prețuim în conformitate cu asta. Un alpinist pasionat în vârstă de 30 de ani este dispus să plătească aproximativ 60 000 de dolari pentru permise de trecere, echipament, şerpaşi, oxigen şi alte cheltuieli ca să facă o ascensiune pe Everest anul viitor. Dar va cere o reducere substanțială – care să reflecte unele incertitudini evidente ce pot apărea între timp, cum ar fi starea sa de sănătate, stabilitatea viitoarelor guverne nepaleze, probabilitatea unor cutremure majore în Himalaya care să împiedice orice expediție şi probabilitatea de interzicere a accesului – pentru a cumpăra o promisiune de a urca muntele în 2050. Această înclinație universală de a conferi o valoare mai mică viitorului contează foarte mult când contemplăm acțiuni atât de complexe şi costisitoare cum ar fi stabilirea prețului carbonului pentru a diminua schimbările climatice

planetare, deoarece generația care va lansa această întreprindere scumpă nu va putea întrezări niciun fel de beneficiu economic. Întrucât gazele cu efect de seră rămân în atmosferă mult timp după ce au fost emise (în cazul CO2, până la 200 de ani), chiar şi nişte eforturi de diminuare foarte mari nu vor da vreun semn clar de succes – prima scădere semnificativă a temperaturii medii de la suprafața planetei – timp de câteva decenii.60

Este evident că o creştere a temperaturii care va continua timp de 25 – 35 de ani de la lansarea unui efort masiv de decarbonizare globală va prezenta o provocare majoră pentru punerea în aplicare şi continuarea unor astfel de măsuri drastice. Dar pentru că în acest moment nu există niciun angajament obligatoriu la nivel planetar care să întrevadă vreo adoptare pe scară largă a unor astfel de măsuri în decurs de câțiva ani, atât punctul critic de rentabilitate, cât şi inițierea unei scăderi măsurabile a temperaturii avansează şi mai mult în viitor. Un model al relației dintre climă şi economie folosit pe scară largă arată că anul critic de rentabilitate (când politica optimală va începe să producă beneficii economice nete) pentru eforturile de diminuare lansate la începutul anilor 2020 va fi abia în jurul anului 2080.

Dacă media speranței de viață la nivel mondial (de circa 72 de ani în 2020) va rămâne aceeaşi, atunci generația născută aproape de mijlocul secolului XXI va fi prima care va resimți beneficiul economic cumulativ net al politicii de diminuare a schimbărilor climatice.61 Sunt cetățenii tineri ai țărilor bogate gata să pună aceste beneficii îndepărtate înaintea unor avantaje mai imediate? Sunt dispuşi să susțină acest curs timp de peste o jumătate de secol tocmai când țările cu venituri mici şi populații în creştere continuă, ca o chestiune de supraviețuire elementară, să-şi extindă

bazarea pe combustibilii fosili? Şi sunt oamenii care acum au 40 sau 50 şi ceva de ani pregătiți să li se alăture în scopul de a genera recompense pe care nu le vor vedea niciodată?

Ultima pandemie a însemnat încă un prilej de a ne aminti că una dintre cele mai bune căi de minimizare a impactului unor provocări de nivel mondial este să avem stabilit un set de priorități şi măsuri de bază privind modul de gestionare a acestora – dar pandemia, cu măsurile incoerente şi neuniforme luate pe plan inter- şi intranațional, ne-a mai arătat şi cât de dificil ar fi să codificăm astfel de principii şi să respectăm astfel de îndrumări. Eşecurile ieşite la iveală în timpul crizelor oferă ilustrări costisitoare şi convingătoare ale incapacității noastre recurente de a înțelege corect aspectele de bază şi de a ne îngriji de lucrurile fundamentale. De acum, cititorii acestei cărți vor aprecia că această listă (scurtă) trebuie să includă asigurarea de provizii pentru alimentele de bază, energie şi materiale, toate fiind obținute cu cele mai mici efecte posibile asupra mediului înconjurător şi totul fiind făcut cu o evaluare realistă a măsurilor pe care le putem lua pentru a minimiza amploarea viitoarei încălziri globale. Aceasta este o perspectivă descurajantă şi nimeni nu poate fi sigur că vom reuşi – sau că vom da greş.

Să fii agnostic în legătură cu viitorul îndepărtat înseamnă să fii onest. Trebuie să recunoaştem limitele înțelegerii noastre, să abordăm toate provocările planetare cu modestie şi să ne dăm seama că progresele, piedicile şi eşecurile vor continua să facă parte din evoluția omenirii şi că nu poate exista niciun fel de asigurare privind succesul final (oricum ar fi el definit), că nu se va ajunge la nicio singularitate – dar, atât timp cât ne vom folosi cunoaşterea acumulată cu hotărâre şi perseverență, nu va exista nici un sfârşit prematur al lumii.

Viitorul va lua naştere din înfăptuirile şi eşecurile noastre şi, chiar dacă vom fi îndeajuns de deştepți (şi de norocoşi) ca să-i prevedem unele dintre forme şi caracteristici, întregul rămâne eluziv chiar dacă privim doar cu o generație înainte.

Prima schiță a acestui capitol final a fost scrisă pe 8 martie 2020, la a 75-a aniversare a încheierii celui de-al Doilea Război Mondial în Europa. Să ne imaginăm un scenariu în care în acea zi de primăvară de la jumătatea secolului XX un grup restrâns de oameni care întruchipau întreaga cunoaştere existentă la acea vreme s-ar fi aşezat la o masă ca să discute şi să prezică starea lumii în 2020. Fiind la curent cu ultimele descoperiri din domenii diferite, de la inginerie (turbinele cu gaz, reactoarele nucleare, computerele electronice, rachetele), la ştiințele vieții (antibiotice, pesticide, erbicide, vaccinuri), ei ar putea să prevadă corect multe traiectorii ascendente, de la răspândirea în masă a automobilelor şi a zborurilor intercontinentale la prețuri convenabile, la dezvoltarea informaticii electronice şi de la creşterea productivității agricole la creşterile semnificative ale speranței de viață.

Dar nu ar fi capabili să descrie progresele, complexitatea şi nuanțele lumii pe care am creat-o prin realizările şi eşecurile noastre în cei 75 de ani care s-au scurs între timp. Pentru a sublinia această imposibilitate, trebuie doar să gândim în termeni naționali. În 1945, oraşele din lemn ale Japoniei erau (în afară de Kyoto) în esență rase de pe fața pământului. Europa se afla într-o dezorganizare postbelică, urmând a fi divizată în scurt timp de Războiul Rece. URSS a obținut victoria, dar cu costuri enorme, şi a rămas sub dictatura crâncenă a lui Stalin. Statele Unite au căpătat un statut de superputere fără precedent, generând cam jumătate din producția economică mondială. În China domnea sărăcia lucie şi țara se afla, din nou, în pragul unui

război civil. Cine ar fi putut să prevadă traiectoriile specifice de mărire şi cădere (Japonia), de prosperitate nouă, de probleme noi, de unitate nouă şi de dezbinare nouă (Europa), de încredere agresivă în propria putere („Vă vom îngropa!”[13]) şi de dispariție (URSS), de gafe, înfrângeri, realizări irosite şi posibilități nerealizate (SUA) şi de suferințe, cea mai gravă foamete din lume, refacere lentă şi ascensiune abruptă la înălțimi problematice (China)?

În 1945, nimeni nu ar fi putut să prezică o lume cu peste 5 miliarde de locuitori în plus, care să fie în acelaşi timp mai bine hrăniți decât în orice altă perioadă a istoriei – chiar şi în condițiile în care continuă să irosească o parte incredibil de mare din hrana produsă. Aşa cum nimeni nu ar fi anticipat o lume care a izgonit mai multe boli infecțioase (în special poliomielita peste tot şi tuberculoza în țările bogate) în zona notelor de subsol ale istoriei, dar care nu poate să împiedice creşterea inegalității economice chiar şi în țările cele mai prospere; o lume care este în acelaşi timp mult mai curată şi mai sănătoasă, dar şi mult mai poluată în moduri noi (de la plasticul din oceane la metalele grele din soluri) şi, ca urmare a degradării neîntrerupte a biosferei, mai periculoasă; sau o lume copleşită de un noian de informații instantanee şi în esență gratuite, dar care vin cu prețul diseminării masive a dezinformărilor, minciunilor şi afirmațiilor reprobabile.

După 75 de ani, nu avem niciun motiv să credem că ne aflăm într-o poziție mai bună pentru a prezice amploarea inovațiilor tehnice care urmează (decât dacă, fireşte, crezi în

[13] Frază rostită de Nikita Hruşciov, prim secretar al PCUS, în 1956, adresându-se ambasadorilor țărilor occidentale la o întrunire la ambasada Poloniei din Moscova. (N.t.)

cvasi-iminenta Singularitate), evenimentele care vor influența averile națiunilor şi deciziile (sau absența regretabilă a acestora) care vor determina soarta civilizației noastre în următorii 75 de ani. În pofida preocupării recente legate de efectele finale ale încălzirii globale şi de nevoia unei decarbonizări rapide, puține rezultate nesigure vor fi la fel de importante în determinarea viitorului nostru ca traiectoria populației planetei în restul secolului XXI.

Prognozele extreme oferă viitoruri foarte diferite: va depăşi populația planetei 15 miliarde în 2100 (de aproape două ori față de 2020), sau se va reduce la 4,8 miliarde, pierzând mai bine de jumătate din totalul de astăzi, populația Chinei reducându-se cu 48%?62 După cum este de aşteptat, variantele medii ale acestor prognoze nu sunt foarte distanțate (8,8 şi 10,9 miliarde). Totuşi, diferența de 2 miliarde de locuitori nu constituie un decalaj lipsit de importanță, iar aceste comparații arată că până şi prognozele de bază în privința populației ajung să se diferențieze după doar o generație. În mod cât se poate de evident, chiar atunci când previziunile merg doar până la a estima speranța de viață din țările bogate, implicațiile valorilor lor extreme modelează două traiectorii foarte diferite în plan economic, social şi de mediu. Şi, întrucât prima şi a doua schiță a acestei cărți au fost scrise în timpul primului şi al celui de-al doilea val de COVID-19, este cât se poate de realist să ne întrebăm dacă noile pandemii cu care ne vom confrunta până la sfârşitul acestui secol (dată fiind frecvența de după 1900 – 1918, 1957, 1968, 2009, 2020 – ne putem aştepta la cel puțin două sau trei astfel de evenimente înainte de 2100) vor fi similare, mult mai slabe sau mult mai virulente decât evenimentul din 2020. Traiul cu aceste incertitudini fundamentale rămâne esența

condiției umane – şi ne limitează capacitatea de a acționa anticipativ.

Aşa cum am remarcat în capitolul de deschidere, nu sunt nici pesimist, nici optimist, sunt om de ştiință. A înțelege cum funcționează lumea cu adevărat nu presupune existența niciunei agende.

O înțelegere realistă a trecutului, prezentului şi viitorului nostru nesigur este cea mai potrivită bază pentru abordarea intervalului necunoscut de timp aflat în fața noastră. Deşi nu putem face afirmații precise, ştim că perspectiva cea mai probabilă este un amestec de progres şi impedimente, de dificultăți aparent insurmontabile şi de progrese aproape miraculoase. Viitorul, ca întotdeauna, nu este predeterminat. Felul cum va arăta depinde de acțiunile noastre.

Anexă: Să înțelegem cifrele

Ordine de mărime

Timpul zboară, organismele cresc, lucrurile se schimbă. În lumea ficțiunii, aceste procese şi consecințe inexorabile sunt, aproape fără excepție, manipulate în termeni calitativi. În basme, aproape întotdeauna a fost odată ca niciodată, iar protagoniştii sunt bogați (prinți) şi săraci (Cenuşăreasa), frumoşi (fecioare) şi urâți (căpcăuni), viteji (cavaleri) sau timizi (şoareci). De obicei, cifrele intervin doar ca simple numărătoare, ca instrumente subordonate intrigii, adesea în triouri: trei frați, trei dorințe, trei purceluşi... Nici în ficțiunea modernă lucrurile nu stau altfel. Lady Brett Ashley

a lui Hemingway este „al naibii de frumoasă”, dar nu aflăm niciodată ce înălțime are, iar personajul Gatsby al lui Fitzgerald își face prima apariție doar ca „un bărbat cam de vârsta mea”, dar nu-i aflăm niciodată vârsta şi nici ce avere are. Doar desemnarea exactă a timpului devine cumva mai proeminentă, adesea în prima frază. În Banii a lui Zola: „Tocmai a bătut ora 11 la Bursă...” În Nechemat în țărână a lui Faulkner: „Era chiar la amiază, în duminica aceea...” În O zi din viața lui Ivan Denisovici: „Ca de obicei, la cinci dimineața se sună deşteptarea...”

Prin contrast, lumea de astăzi este plină de cifre. Noile basme, poveştile despre miliardari improbabili, nu uită să precizeze sumele exacte cu care aceştia sunt creditați; noile tragedii, relatările despre ultima scufundare de feribot sau încă un caz de omucideri în masă, sunt însoțite întotdeauna de numărul victimelor. Rapoartele zilnice privind numărul de decese pe plan național şi planetar au devenit semnul distinctiv al pandemiei din 2020. Lumea noastră este una nouă, cantitativă, în care oamenii îşi cuantifică „prietenii” (de pe Facebook), paşii efectuați zilnic (cu aplicația Fitbit) şi priceperea în investiții (prin depăşirea mediei NASDAQ). Această cuantificare este generalizată, dar calitatea ei se dovedeşte a fi, mult prea des, îndoielnică, pentru că numerele se situează de la măsurători precise şi repetate la supoziții neglijente şi estimări neatente. Din păcate, puțini dintre cei care văd, repetă şi folosesc aceste numere le pun la îndoială originile şi foarte puțini încearcă să le judece în context. Dar chiar şi cifrele cele mai relevante din perioada modernă – cele care ar putea fi indicatoare perfecte ale realităților complexe – sunt adesea eluzive deoarece reprezintă cantități care sunt ori prea mari, ori prea mici pentru a fi înțelese intuitiv.

Din acest motiv, pot fi cu mare uşurinţă interpretate şi folosite greşit. Chiar şi preşcolarii au un sistem mental al reprezentării mărimii care creează un „simţ al numerelor” intuitiv, iar această capacitate se îmbunătăţeşte odată cu educaţia.1 În mod evident, acest sistem numeric este doar aproximativ şi dă greş atunci când cantităţile cresc la mii, milioane şi miliarde. Aici îşi găsesc utilitatea ordinele de mărime. Cel mai simplu este să ne gândim la ele ca la numărul total de cifre care urmează după prima cifră, înainte de virgula zecimală. Nicio cifră nu urmează după 7 (şi nicio cifră suplimentară nu se află între prima cifră şi virgula zecimală în numărul 3,5) şi deci ambele aceste numere au ordinul de mărime zero. Acest lucru este exprimat în scara logaritmică zecimală (cu baza 10) ca 100. Orice număr între 1 şi 9 inclusiv va fi un multiplu de 100, 10 devine 101, 20 este 2 × 101. Avantajele folosirii acestei scări devin evidente odată cu creşterea valorilor numerice. Un salt de 10 ori ne aduce la obiecte numărate în sute (102) şi apoi la mii (103), zeci de mii (104), sute de mii (105) şi milioane (106).

Mai departe, intrăm în domenii în care e uşor să facem erori în privinţa ordinelor de mărime: unele familii bogate (fondatori de firme, proprietari sau moştenitori norocoşi) îşi adaugă anual la averile proprii zeci (107·) sau sute (108) de milioane de dolari; în 2020, numărul miliardarilor (109 dolari) din întreaga lume era de circa 2 100, iar averile celor mai bogaţi dintre ei sunt acum evaluate la peste 100 de miliarde sau 1011 dolari.2 Din perspectiva valorii individuale nete, în comparaţie cu valoarea de câţiva dolari a hainelor ponosite şi pantofilor scâlciaţi ai unui imigrant african nevoiaş, decalajul este astfel de 10 ordine de mărime.

Diferența este atât de mare, încât nu putem găsi niciun echivalent printre proprietățile care separă cele mai importante clase de animale terestre: păsările şi mamiferele. Diferența dintre masele corporale ale celor mai mici şi celor mai mari mamifere (şoricelul pigmeu (Suncus etruscus) de 100 grame şi elefantul african de 106 grame) este de „doar" şase ordine de mărime. Diferența dintre anvergurile aripilor pentru cele mai mici şi cele mai mari păsări zburătoare (colibri-albină cu 3 cm şi condorul andin cu 320 de centimetri) este de doar două ordine de mărime.3 Este clar că unii oameni au ajuns mult mai departe în separarea lor de restul mulțimii decât ar fi putut să o facă evoluția naturală.

Şi există o modalitate şi mai uşoară de a indica ordinele de mărime, alta decât prin a le scrie complet simbolurile valorice sau a le exprima ca exponenți ai logaritmilor zecimali. Dat fiind că aceşti multipli sunt întâlniți atât de frecvent atât în cercetarea ştiințifică, cât şi în practica inginerească, le-au fost atribuite denumiri greceşti specifice care să fie folosite ca prefixe pentru primele trei ordine de mărime – 10 este deca, 102 este hecto, 103 este kilo – şi apoi pentru fiecare al treilea ordin de mărime: 106 este mega, 109 este giga şi tot aşa până la yotta, 1024, care acum este cel mai mare ordin de mărime denumit. În tabelul alăturat sunt rezumate toate acestea – de la numere efective la denumiri specifice.

Multipli din Sistemul Internaţional de Unităţi folosiţi în text

Prefix	Abreviere	Notație ştiințifică

Hecto	H	102
kilo	K	103
Mega	M	106
giga	G	109
tera	T	1012
peta	P	1015
exa	E	1018
Zetta	Z	1021
Yotta	Y	1024

O altă modalitate de a ilustra gama nemaiîntâlnită a mărimilor care facilitează funcționarea societăților moderne este să le comparăm cu gama experiențelor tradiționale. Două exemple cheie vor fi suficiente. În societățile preindustriale, vitezele extreme de deplasare pe uscat se deosebeau doar printr-un factor de doi, de la mersul pe jos lent (4 km/h) la diligențele trase de cai (8 km/h) pentru cei care își permiteau să plătească un loc (adesea necapitonat). În schimb, în prezent, vitezele de deplasare acoperă două ordine de mărime, de la 4 km/h pentru mersul pe jos lent la 900 km/h pentru avioanele cu reacție.

Iar cel mai puternic motor primar (un organism sau o maşină care furnizează energie cinetică) pe care îl putea controla în mod obişnuit o persoană în timpul erei preindustriale era un cal puternic la 750 waţi.4 Acum sute de milioane de oameni conduc vehicule cu puteri cuprinse între 100 şi 300 de kilowaţi – de până la 400 de ori puterea unui cal – iar pilotul unui avion de tip jumbo jet comandă circa 100 de megawaţi (echivalentul a peste 130 000 de cai putenici) la viteză de croazieră. Aceste câştiguri au fost prea mari pentru a fi înţelese direct sau intuitiv. Trebuie să fim foarte atenţi la ordinele de mărime ca să înţelegem cum se cuvine lumea modernă!

Referinţe şi note

1. Să înţelegem energia: combustibili şi electricitate

1. Nu vom reuşi niciodată să stabilim cu exactitate când a avut loc acest eveniment, care a fost datat într-un interval cuprins între 3,7 şi 2,5 miliarde de ani în T. Cardona, „Thinking twice about the evolution of photosynthesis”, Open Biology 9/3 (2019), 180246.

2. A. Herrero şi E. Flores, editori, The Cyanobacteria: Molecular Biology, Genomics and Evolution (Wymondham: Caister Academic Press, 2008).

3. M.L. Droser şi J.G. Gehling, „The advent of animals: The view from the Ediacaran”, Proceedings of the National Academy of Sciences 112/16 (2015), pp. 4865-4870.

4. G. Bell, The Evolution of Life (Oxford: Oxford University Press, 2015).

5. C. Stanford, Upright: The Evolutionary Key to Becoming Human (Boston: Houghton Mifflin Harcourt, 2003).

6. Momentul în care homininii au folosit pentru prima oară focul în mod deliberat şi controlat va rămâne mereu incert, dar cele mai bune dovezi ne arată că nu s-a întâmplat mai târziu decât cu 800 000 de ani în urmă: N. Goren-Inbar et al., „Evidence of hominin control of fire at Gesher Benot Ya'aqov, Israel", Science 304/5671 (2004), pp. 725-727.

7. Wrangham susține că gătitul a fost unul dintre cei mai importanți paşi înainte pe calea evoluției noastre: R. Wrangham, Catching Fire: How Cooking Made Us Human (New York: Basic Books, 2009).

8. Domesticirea unui mare număr de specii de plante a avut loc independent în mai multe regiuni ale Lumii Vechi şi Noi, dar în Orientul Apropiat s-a produs primul grup: M. Zeder, „The origins of agriculture in the Near East", Current Anthropology 52/Supplement 4 (2011), S221-S235.

9. Printre animalele de tracțiune se numărau vitele, bivolii, iacii, caii, catârii, măgarii, cămilele, lama, elefanții şi (mai rar) renii, oile, caprele şi câinii. În afară de cabaline (caii, măgarii, catârii), doar cămilele, iacii şi elefanții au fost folosiți pe scară largă pentru călărit.

10. Evoluția acestor maşini este descrisă în V. Smil, Energy and Civilization: A History (Cambridge, MA: MIT Press, 2017), pp. 146-163.

11. P. Warde, Energy Consumption in England and Wales, 1560-2004 (Napoli: Consiglio Nazionale delle Ricerche, 2007).

12. Pentru istoria exploatării cărbunelui de către britanici, vezi: J.U. Nef, The Rise of the British Coal Industry (London: G. Routledge, 1932); M.W. Flinnet et al., History of the British Coal Industry, 5 volume (Oxford: Oxford University Press, 1984-1993).

13. R. Stuart, Descriptive History of the Steam Engine (London: Wittaker, Treacher and Arnot, 1829).

14. R.L. Hills, Power from Steam: A History of the Stationary Steam Engine (Cambridge: Cambridge University Press, 1989), p. 70; J. Kanefsky and J. Robey, „Steam engines in 18th-century Britain: A quantitative assessment”, Technology and Culture 21 (1980), pp. 161-186.

15. Aceste calcule sunt foarte aproximative; chiar dacă am şti cu exactitate totalurile pentru forța de muncă şi animalele de tracțiune, tot ar trebui să facem supoziții privind puterea lor caracteristică şi numărul cumulat al orelor de muncă.

16. Totalurile efective au fost de sub 0,5 EJ în 1800, crescând la aproape 22 EJ în 1900 şi la aproape 350 în anul 2000, urcând până la 525 EJ în 2020. Pentru o relatare istorică a tranzițiilor energetice la nivel mondial (şi la multe niveluri naționale), vezi V. Smil, Energy Transitions: Global and National Perspectives (Santa Barbara, CA: Praeger, 2017).

17. Valorile medii combinate ale randamentelor energetice istorice sunt luate din calculele pe care le-am efectuat pentru: Smil, Energy and Civilization, pp. 297-301. Pentru

randamente de conversie generale în anii recenți, vezi diagramele Sankey ale fluxurilor de energie realizate pentru lume (https://www.iea.org/sankey) sau pentru țări individuale; iar pentru SUA, vezi https://flowcharts.llnl.gov/content/assets/images/energy/us/ Energy_US_ 2019.png.

18. Date pentru aceste calcule pot fi găsite în Energy Statistics Yearbook, https://unstats.un.org/unsd/energystats/pubs/yearbook/; şi în Statistical Review of World Energy (al companiei British Petroleum), https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy/downloads.html.

19. L. Boltzmann, Der zweite Hauptsatz der mechanischen Wärmetheorie (prelegere susținută la Şedința festivă a Academiei Imperiale de Ştiință din Viena), 29 mai 1886. Vezi şi P. Schuster, „Boltzmann and evolution: Some basic questions of biology seen with atomistic glasses", în G. Gallavotti et al., editori, Boltzmann's Legacy (Zürich: European Mathematical Society, 2008), pp. 1-26.

20. E. Schrödinger, What Is Life? (Cambridge: Cambridge University Press, 1944), p. 71.

21. A.J. Lotka, „Natural selection as a physical principle", Proceedings of the National Academy of Sciences 8/6 (1922), pp. 151-154.

22. H.T. Odum, Environment, Power, and Society (New York: Wiley Interscience, 1971), p. 27.

23. R. Ayres, „Gaps in mainstream economics: Energy, growth, and sustainability", în S. Shmelev, ed., Green Economy Reader: Lectures in Ecological Economics and

Sustainability (Berlin: Springer, 2017), p. 40. Vezi şi R. Ayres, Energy, Complexity and Wealth Maximization (Cham: Springer, 2016).

24. Smil, Energy and Civilization, p. 1.

25. Ayres, „Gaps in mainstream economics”, p. 40.

26. Istoria conceptului de energie este tratată în detalii revelatoare în J. Coopersmith, Energy: The Subtle Concept (Oxford: Oxford University Press, 2015).

27. R.S. Westfall, Force in Newton’s Physics: The Science of Dynamics in the Seventeenth Century (New York: Elsevier, 1971).

28. C. Smith, The Science of Energy: A Cultural History of Energy Physics in Victorian Britain (Chicago: University of Chicago Press, 1998); D.S.L. Cardwell, From Watt to Clausius: The Rise of Thermodynamics in the Early Industrial Age (London: Heinemann Educational, 1971).

29. J.C. Maxwell, Theory of Heat (London: Longmans, Green, and Company, 1872), p. 101.

30. R. Feynman, The Feynman Lectures on Physics (Redwood City, CA: Addison-Wesley, 1988), vol. 4, p. 2.

31. Cărțile introductive de termodinamică sunt numeroase, dar una iese în evidență: K. Sherwin, Introduction to Thermodynamics (Dordrecht: Springer Netherlands, 1993).

32. N. Friedman, U.S. Submarines Since 1945: An Illustrated Design History (Annapolis, MD: US Naval Institute, 2018).

33. Factorul de capacitate (sarcină) este raportul dintre generarea efectivă şi outputul maxim pe care o unitate este capabilă să o producă. De exemplu, o turbină eoliană mare de 5 MW care funcționează neîntrerupt toată ziua va genera 120 MWh de electricitate; dacă producția reală este de numai 30 MWh, atunci factorul de capacitate este de 25%. În cazul Statelor Unite ale Americii, factorii de capacitate medii pentru 2019 (rotunjiți) au fost: 21% pentru panourile solare, 35% pentru turbinele eoliene, 39% pentru hidrocentrale şi 94% pentru centralele nucleare: Tabelul 6.07.B „Capacity Factors for Utility Scale Generators Primarily Using Non-Fossil Fuels", https://www.eia.gov/electricity/monthly/epm_table_grapher.php?t=epmt_6_07_b. Factorul de capacitate scăzut al celulelor solare din Germania nu constituie o surpriză: atât Berlinul, cât şi Münchenul au mai puține ore însorite pe an decât Seattle!

34. O lumânare votivă – cântărind circa 50 g, cu densitatea energetică a parafinei de 42 kJ/g – conține 2,1 MJ (50 × 42 000) de energie chimică, iar puterea ei medie în timpul arderii sale de 15 ore va fi de aproape 40 W (cam ca un bec electric slab). Dar în ambele cazuri doar o mică parte din energia totală va fi transformată în lumină: mai puțin de 2% pentru un bec modern cu incandescență, doar 0,02% pentru o lumânare din parafină. Pentru greutăți şi timpi de ardere ai lumânărilor, vezi https://www.candlewarehouse.ie/shopcontent.asp?type=bum-times; pentru randamente luminoase, vezi https://web.archive.0rg/web/20120423123823/http://www.ccri.edu/physics/keefe/hght.htm.

35. Calcule privind metabolismul bazal pot fi găsite la: Joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation, Human Energy

Requirements (Roma: FAC), 2001), p. 37, http://www.fao.org/3/a-y5686e.pdf.

36. Engineering Toolbox, „Fossil and Alternative Fuels – Energy Content” (2020), https://www.engineeringtoolbox.com/fossil-fuels-energy-content-d_1298.html.

37. V. Smil, Oil: A Beginner’s Guide (London: Oneworld, 2017); L. Maugeri, The Age of Oil: The Mythology, History, and Future of the World's Most Controversial Resource (Westport, CT: Praeger Publishers, 2006).

38. T. Mang, ed., Encyclopedia of Lubricants and Lubrication (Berlin: Springer, 2014).

39. Asphalt Institute, The Asphalt Handbook (Lexington, KY: Asphalt Institute, 2007).

40. International Energy Agency, The Future of the Petrochemicals (Paris: IEA, 2018).

41. C.M.V. Thuro, Oil Lamps: The Kerosene Era in North America (New York: Wallace-Homestead Book Company, 1983).

42. G. Li, World Atlas of Oil and Gas Basins (Chichester: Wiley-Blackwell, 2011); R. Howard, The Oil Hunters: Exploration and Espionage in the Middle East (London: Hambledon Continuum, 2008).

43. R.F. Aguilera şi M. Radetzki, The Price of Oil (Cambridge: Cambridge University Press, 2015); A.H. Cordesman şi K.R. al-Rodhan, 'The Global Oil Market: Risks and Uncertainties (Washington, DC: CSIS Press, 2006).

44. Performanța medie a mașinilor americane era de circa 15 l/100 km la începutul anilor 1930 și a continuat să se deterioreze timp de patru decenii, ajungând la 17,7 l/100 km în 1973. Noile standarde CAFE (Corporate Average Fuel Economy) au înjumătățit consumul la 8,55 l/100 km în 1985, dar faptul că ulterior prețul petrolului s-a menținut la un nivel scăzut a făcut ca până în 2010 să nu se mai înregistreze niciun progres. V. Smil, Transforming the Twentieth Century (New York: Oxford University Press, 2006), pp. 203-208.

45. Statistici detaliate privind producția și consumul de energie se găsesc în Energy Statistics Yearbook și în BP’s Statistical Review of World Energy (ONU).

46. S.M. Ghanem, OPEC: The Rise and Fall of an Exclusive Club (London: Routledge, 2016); V. Smil, Energy Food Environment (Oxford: Oxford University Press, 1987), pp. 37-60.

47. J. Buchan, Days of God: The Revolution in Iran and Its Consequences (New York: Simon & Schuster, 2013); S. Maloney, The Iranian Revolution at Forty (Washington, DC: Brookings Institution Press, 2020).

48. Industriile energointensive (metalurgie, sinteză chimică) au fost primele sectoare care și-au scăzut consumul specific de energie; succesul standardelor americane CAFE a fost deja remarcat (vezi nota 44); și aproape toată generarea de electricitate care anterior se bazase pe țiței sau pe păcură a fost convertită la cărbune sau gaze naturale.

49. Cotele pentru țiței de după 1980 au fost calculate din datele privind consumul din Statistical Review of World Energy, British Petroleum.

50. Feynman, The Feynman Lectures on Physics, vol. 1, pp. 4-6.

51. Aceste îngrijorări afectează acum o parte tot mai mare a populației planetei – începând din 2007, peste jumătate dintre oameni locuiesc în oraşe, iar până în 2025 circa 10% vor locui în marile metropole.

52. B. Bowers, Lengthening the Day: A History of Lighting (Oxford: Oxford University Press, 1988).

53. V. Smil, „Luminous efficacy”, IEEE Spectrum (aprilie 2019), p. 22.

54. Motoarele electrice cu curent alternativ au cunoscut primele utilizări comerciale în SUA spre sfârşitul anilor 1880, iar în anii 1890 un mic ventilator acționat de un motor de 125 W s-a vândut în aproape 100 000 de unități: L.C. Hunter şi L. Bryant, A History of Industrial Power in the United States, 1780-1930, vol. 3: The 'Transmission of Power (Cambridge, MA: MIT Press, 1991), p. 202.

55. S.H. Schurr, „Energy use, technological change, and productive efficiency”, Annual Review of Energy 9 (1984), pp. 409-425.

56. Două concepte de bază sunt motoarele vibrante cu masă rotativă excentric şi motoarele vibrante liniare. Motoarele de tip monedă sunt acum cele mai subțiri (grosime de până la 1,8 mm) unități disponibile (https://www.vibrationmotors.com/vibration-motor-product-guide/cell-phone-vibration-motor). Ținând cont de vânzările mondiale de telefoane inteligente – 1,37 miliarde de unități în 2019 (https://www.canalys.com/newsroom/canalys-global-

smartphone-market-q4-2019) – nici un alt tip de motor electric nu se mai fabrică în cantități comparabile.

57. Trenurile TGV din Franța au două locomotive ale căror motoare au o putere totală de 8,8 – 9,6 MW. La trenurile japoneze Shinkansen seria N700, 14 din 16 vagoane sunt locomotive cu o putere totală de 17 MW: http://www.railway-research.org/IMG/pdf/r.1.3.3.3.pdf.

58. În vehiculele de lux, masa totală a acestor mici servomotoare electrice se poate ridica până la 40 kg: G. Ombach, „Challenges and requirements for high volume production of electric motors", SAE (2017), http://www.sae.org/events/training/symposia/emotor/presentations/2011/GrzegorzOmbach.pdf.

59. Pentru mai multe informații despre motoarele electrice folosite în aparatura de uz casnic, vezi Johnson Electric, „Custom motor drives for food processors" (2020), https://www.johnsonelectric.com/en/features/custom-motor-drives-for-food-processors.

60. Ciudad de Mexico este cel mai bun exemplu privind această cerere extraordinară: apa din sursa principală, râul Cutzamala, furnizează circa două treimi din necesarul total şi trebuie ridicată la o diferență de nivel de peste 1 km; la o cantitate livrată anual de peste 300 de milioane de m3, aceasta reprezintă o energie potențială de peste 3 PJ, echivalent cu aproape 80 000 de tone de motorină. R. Salazar et al., „Energy and environmental costs related to water supply in Mexico City", Water Supply 12 (2012), pp. 768-772.

61. Acestea sunt motoare destul de mici (0,25 – 0,5 CP, respectiv, circa 190 – 370 W), dat fiind că până şi motorul unei suflante mai mari are o putere mai mică decât cel

dintr-un robot de bucătărie mic (400 – 500 W). Suflarea forțată a aerului este o sarcină mai uşoară decât tocatul legumelor şi frământatul aluatului.

62. Perioada de început a istoriei electricității este relatată în L. Figuier, Les nouvelles conquêtes de la science: L'électricité (Paris: Manoir Flammarion, 1888); A. Gay şi C.H. Yeaman, Central Station Electricity Supply (London: Whittaker & Company, 1906); M. MacLaren, The Rise of the Electrical Industry During the Nineteenth Century (Princeton, NJ: Princeton University Press, 1943); Smil, Creating the Twentieth Century, pp. 32-97.

63. Chiar şi în SUA este doar cu puțin mai mare. În 2019, 27,5% din toată cantitatea de combustibili fosili din Statele Unite (împărțită aproximativ între cărbune şi gaze naturale, în timp ce combustibilii lichizi reprezentau doar o parte neglijabilă) era folosită pentru generarea electricității: https://flowcharts.llnl.gov/content/assets/images/energy/us/Energy_US_20i9-png.

64. Comisia Internațională pentru Baraje Mari, World Register of Dams (Paris: ICOLD, 2020).

65. Agenția Internațională pentru Energie Atomică, The Database of Nuclear Power Reactors (Vienna: IAEA, 2020).

66. Date provenind din Statistical Review of World Energy, British Petroleum.

67. Metroul din Tokyo, orarul stației Tokyo (accesat în 2020), https://www.tokyometro.jp/lang_cn/station/tokyo/timetable/marunouchi/a/index.html.

68. O mare colecție de imagini satelitare de noapte se poate vizualiza la https://earthobservatory.nasa.gov/images/event/79869/earth-at-night.

69. Electric Power Research Institute, Metrics for Micro Grid: Reliability and Power Quality (Palo Alto, CA: EPRI, 2016), http://integratedgrid.com/wp-content/t1ploads/2017/01/4-Key-Microgrid-Reliability-PQ-metrics.pdf.

70. În perioada de mortalitate ridicată cauzată de COVID-19 nu au fost probleme cu furnizarea electricității, dar în unele orașe a fost depășită temporar capacitatea morgilor, astfel încât a fost nevoie să se utilizeze camioane frigorifice. Refrigerarea cadavrelor la morgă este un alt sector important dependent de motoarele electrice: https://www.fiocchetti.it/en/prodotti.asp?id=7.

71. Conceptul recunoaște faptul că nu va fi posibil să se elimine în întregime emisiile antropogene de CO2, dar nici nu s-a ajuns la vreun acord cu privire la cât de substanțială va trebui să fie captarea directă din aer și nici nu s-a realizat vreun proces convenabil și la scară mare în acest scop. În capitolul final, voi face referire la câteva dintre aceste opțiuni.

72. United Nations Climate Change, „Commitments to net zero double in less than a year" (Septembrie 2020), https://unfccc.int/ news/commitments-to-net-zero-double-in-less-than-a-year. Vezi și Climate Action Tracker (https://climateactiontracker. org/countries/).

73. Agenția daneză pentru energie, Annual Energy Statistics (2020), https://ens.dk/en/our-services/statistics-data-key-figures-and-energy-maps/annual-and-monthly-statistics.

74. Datele privind capacitatea şi generarea Germaniei pot fi găsite în: Bundesverband der Energie-und Wasserwirtschaft, Kraftwerkspark in Deutschland (2018), https://www.bdew.de/energie/kraftwerkspark-deutschland-gesamtfoliensatz/; VGB, Stromerzeugung 2018/2019, https://www.vgb.org/daten_stromerzcugung.html?dfid=93254.

75. Clean Line Energy, compania care plănuia să dezvolte cinci proiecte de distribuție mari în SUA, a intrat în insolvență în 2019, iar Plains & Eastern Clean Line, care urma să devină coloana vertebrală a unei noi rețele americane până în 2020 (completase deja din 2014 declarația privind impactul asupra mediului) a luat sfârşit odată cu retragerea din proiect a Departamentului pentru Energie al SUA; s-ar putea să nu fie construită nici până în 2030.

76. N. Troja şi S. Law, „Let's get flexible – Pumped storage and the future of the power systems", IHA website (septembrie 2020). În 2019, Florida Power and Light a anunțat că cel mai mare proiect de stocare în baterii din lume, Manatee, de 900 MWH, va fi definitivat la finalul anului 2021. Dar cea mai mare hidrocentrală cu acumulare prin pompare (Bath County din SUA) are o capacitate de 24 GWh, de 27 de ori mai mult decât viitoarea instalație de stocare a FPL, iar la nivel mondial capacitatea hidrocentralelor cu pompe în 2019 a fost de 8 TWh, față de circa 7 GWh în baterii – de aproape 1 300 de ori mai puțin.

77. O stocare pentru o singură zi pentru un mega-oraş cu 20 de milioane de locuitori va trebui să asigure cel puțin 300 GWh, un total de peste 300 de ori mai mare decât cea mai mare capacitate de stocare în baterii din Florida.

78. Comisia Europeană, Going Climate-Neutral by 2050 (Bruxelles: Comisia Europeană, 2020).

79. În 2019, bateriile litiu-ion din cele mai bine vândute vehicule electrice aveau o densitate energetică de circa 250 Wh/kg: G. Bower, „Tesla Model 3 2170 Densitatea energetică Compared to Bolt, Model S1009D”, InsideEVs (februarie 2019), https://insideevs.com/news/342679/tesla-model-3-2170-energy-density-compared-to-bolt-model-s-p100d/.

80. În ianuarie 2020, cele mai lungi curse aeriene programate au fost Newark – Singapore (9 534 km), Auckland – Doha şi Perth – Londra, durata primeia dintre ele fiind de circa 18 ore: T. Pallini, „The 10 longest routes flown by airlines in 2019”, Business Insider (aprilie 2020), https://www.businessinsider.com/top-10-longest-flight-routes-in-the-world-2020-4.

81. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Energiedaten: Gesamtausgabe (Berlin: BWE, 2019).

82. The Energy Data and Modelling Center, Handbook of Japan’s & World Energy & Economic Statistics (Tokyo: EDMC, 2019).

83. Datele privind consumul preluate din British Petroleum, Statistical Review of World Energy.

84. International Energy Agency, World Energy Outlook 2020 (Paris: IEA, 2020), https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2020.

85. 85 V. Smil, „What we need to know about the pace of decarbonization”, Substantia 3/2, supplement 1 (2019), pp. 13-28; V. Smil, „Energy (r)evolutions take time”, World

Energy 44 (2019), pp. 10-14. Pentru o perspectivă diferită, vezi Energy Transitions Commission, Mission Possible: Reaching Net-Zero Carbon Emissions from Harder-to-Abate Sectors by Mid-Century (20i8),http://www.energy-transitions.org/sites/default/files/ETC_MissionPossible_FullReport.pdf.

2. Să înţelegem producţia de hrană: Mâncăm combustibili fosili

1. B.L. Pobiner, „New actualistic data on the ecology and energetics of hominin scavenging opportunities”, Journal of Human Evolution 80 (2015), pp. 1-16; R.J. Blumenschine şi J.A. Cavallo, „Scavenging and human evolution”, Scientific American 267/4 (1992), pp. 90-95.

2. V. Smil, Energy and Civilization: A History (Cambridge, MA: MIT Press 2018), pp. 28-40.

3. K.W. Butzer, Early Hydraulic Civilization in Egypt (Chicago: University of Chicago Press, 1976); K.W. Butzer, „Long-term Nile flood variation and political discontinuities in Pharaonic Egypt”, în J.D. Clark şi S.A. Brandt, editori, From Hunters to Farmers (Berkeley: University of California Press 1984), pp. 102-112.

4. FAO, The State of Food Security and Nutrition in the World (Rome: FAO, 2020), http://www.fao.org/3/ca9692en/CA9692EN.pdf.

5. Lungimile de undă care sunt în mare parte absorbite sunt de 450 – 490 nm pentru porţiunea albastră şi de 635 – 700 nm pentru porţiunea roşie a spectrului; partea verde (520 –

560 nm) este reflectată în mare măsură, de unde şi culoarea dominantă a vegetației.

6. Productivitatea anuală totală a fotosintezei terestre (păduri, păşuni, culturi vegetale) şi oceanice (în special, fitoplancton) este aproximativ aceeaşi, dar, spre deosebire de plantele de uscat, fitoplanctonul are o durată a vieții foarte scurtă, de numai câteva zile.

7. Relatări detaliate ale practicilor agricole din America secolului XIX sunt compilate în L. Rogin, The Introduction of Farm Machinery (Berkeley: University of California Press, 1931). Bugetul de timp pentru anul 1800 se bazează pe practicile dominante dintre anii 1790 şi 1820, detaliate la p. 234.

8. Calcule bazate pe datele lui Rogin privind cultivarea grâului în districtul Richland din Dakota de Nord în 1893, p. 218.

9. Smil, Energy and Civilization, p. 111.

10. Pentru dimensiunea medie a fermelor din SUA între anii 1850 şi 1940, vezi US Department of Agriculture, U.S. Census of Agriculture: 1940, p. 68. Pentru dimensiunile fermelor din Kansas: Kansas Department of Agriculture, Kansas Farm Facts (2019), https://agriculture.ks.gov/ahout-kda/kansas-agriculture.

11. Pentru imagini şi specificațiile tehnice ale tractoarelor mari, vezi site-ul de internet al firmei John Deere: https://www.deere.com/en/agriculture/.

12. Calculele mele se bazează pe bugetele recoltelor din 2020 pentru culturile de grâu neirigat din Kansas şi pe estimări tipice ale randamentului muncii: Kansas State

University, 2020 Farm Management Guides for Non-irrigated Crops, https://www.agmanager.info/farm-mgmt-guides/2020-farm-management-guides-non-irrigated-crops; B. Battel şi D. Stein, Custom Machine and Work Rate Estimates (2018), https://www.canr.msu.edu/field_crops/uploads/files/2018percent20Custompercent20Machinepercent20Workpercent20Rates.pdf.

13. Cuantificarea acestor utilizări indirecte ale energiei necesită multe supoziții şi aproximări inevitabile, motiv pentru care nu ar putea fi niciodată la fel de exactă ca monitorizarea consumului direct de combustibil.

14. De exemplu în Europa cantitatea medie de glifosat, cel mai folosit erbicid din lume, este de numai 100 – 300 g ingredient activ pe hectar: C. Antier, „Glyphosate use in the European agricultural sector and a framework for its further monitoring", Sustainability 12 (2020), p. 5682.

15. V. Gowariker et al., The Fertilizer Encyclopedia (Chichester: John Wiley, 2009); H.F. Reetz, Fertilizers and Their Efficient Use (Paris: International Fertilizer Association, 2016).

16. Dar cultura care a primit de departe cea mai mare cantitate de azot este ceaiul verde japonez. Frunzele sale uscate conțin 5-6% azot; de regulă, plantațiile primesc mai mult de 500 kg N/ha şi chiar până la 1 t N/ha: K. Oh et al., „Environmental problems from tea cultivation in Japan and a control measure using calcium cyanamide", Pedosphere 16/6 (2006), pp. 770-777.

17. G.J. Leigh, ed., Nitrogen Fixation at the Millennium (Amsterdam: Elsevier, 2002); T. C Miyama, ed., Advances in Biology and Ecology of Nitrogen Fixation (IntechOpen, 2014),

https://www.intechopen.com/books/advances-in-biology-and-ecology-of-nitrogen-fixation.

18. Sustainable Agriculture Research and Education, Managing Cover Crops Profitably (College Park, MI): SARE, 2012).

19. Emile Zola, The Fat and the Thin, https://www.gutenberg.org/files/5744/5744-h/5744-h.htm.

20. Pentru istoria sintezei amoniacului, vezi: V. Smil, Enriching the Earth: Fritz Haber, Carl Bosch, and the 'Transformation of World Food Production (Cambridge, MA: MIT Press, 2001); D. Stoltzenberg, Fritz Haber: Chemist, Nobel Laureate, German, Jew (Philadelphia, PA: Chemical Heritage Press, 2004).

21. N.R. Borlaug, The Green Revolution Revisited and The Road Ahead, Nobel Prize Lecture 1970, https://assets.nobelprize.org/uploads/2018/06/borlaug-lecture.pdf; M.S. Swaminathan, 50 Years of Green Revolution: An Anthology of Research Papers (Singapore: World Scientific Publishing, 2017).

22. G. Piringer şi L.J. Steinberg, „Reevaluation of energy use in wheat production in the United States”, Journal of Industrial Ecology 10/1-2 (2006), pp. 149-167; C.G. Sorensen et al., „Energy inputs and GHG emissions of tillage systems, Biosystems Engineering 120 (2014), pp. 2-14; W.M.J. Achten şi K. van Acker, „EU-average impacts of wheat production: A meta-analysis of life cycle assessments”, Journal of Industrial Ecology 20/1 (2015), pp. 132-144; B. Degerli et al., „Assessment of the energy and exergy efficiencies of farm to fork grain cultivation and

bread making processes in Turkey and Germany”, Energy 93 (2015), pp. 421-434.

23. Motorina este folosită de toate maşinile agricole mari (tractoare, combine, camioane, pompe de irigații), precum şi în transportul angro pe distanțe lungi al recoltelor (trenuri de marfă tractate de locomotive diesel, barje, nave specializate). Tractoarele mici şi camionetele funcționează cu benzină, iar pentru uscarea cerealelor se foloseşte propanul.

24. Aceasta are un volum doar cu puțin mai mic decât ceaşca folosită în SUA pentru măsurarea ingredientelor pentru gătit: are exact 236,59 ml.

25. N. Myhrvold şi F. Migoya, Modernist Bread (Bellevue, WA: The Cooking Lab, 2017), vol. 3, p. 63.

26. Bakerpedia, „Extraction rate”, https://bakerpedia.com/processes/extraction-rate/.

27. Carbon Trust, Industrial Energy Efficiency Accelerator: Guide to the Industrial Bakery Sector (London: Carbon Trust, 2009); K. Andersson şi T. Ohlsson, „Life cycle assessment of bread produced on different scales”, International Journal of Life Cycle Assessment 4 (U99), pp. 25-40.

28. Pentru detalii privind OCHA destinate creşterii puilor de găină, vezi V. Smil, Should We Eat Meat? (Chichester: Wiley-Blackwell, 2013), pp. 118-127, 139-149

29. US Department of Agriculture, Agricultural Statistics (2019), USDA Table 1-75, https://www.nass.usda.gov/Publications/Ag_Statistics/2019/2019_complete_publication.pdf.

30. National Chicken Council, „U.S. Broiler Performance” (2020), https://www.nationalchickencouncil.org/about-the-industry/statistics/u-s-broiler-performance/.

31. Pentru comparații între greutățile în viu, în carcasă şi bune de consum ale animalelor domestice crescute pentru carne, vezi Smil, Should We Eat Meat?, pp. 109-110.

32. V.P. da Silva et al., „Variability in environmental impacts of Brazilian soybean according to crop production and transport scenarios”, Journal of Environmental Management 91/9 (2010), pp. 1831-1839.

33. M. Ranjaniemi şi J. Ahokas, „A case study of energy consumption measurement system in broiler production”, Agronomy Research Biosystem Engineering Special Issue i (2012), pp. 195-204; M.C. Mattioli et al., „Energy analysis of broiler chicken production system with darkhouse installation”, Revista Brasileira de Engenharia Agricola e Ambienta 22 (2018), pp. 648-652.

34. US Bureau of Labor Statistics, „Average Retail Food and Energy Prices, U.S. and Midwest Region” (accesat în 2020), https://www.bls.gov/regions/mid-atlantic/data/averageretailfoodandenergyprices_usandmidwest_table.htm; FranceAgriMer, „Poulet” (accesat în 2020), https://rnm.franceagrimer.fr/prix?POULET.

35. R. Mehta, „History of tomato (poor man's apple)”, IOSR Journal of Humanities and Social Science 22/8 (2017), pp. 31-34.

36. O roşie conține circa 20 mg de vitamina C pe 100 g; aportul alimentar zilnic recomandat de vitamina C este de 60 mg pentru adulți.

37. D.P. Neira et al., „Energy use and carbon footprint of the tomato production in heated multi-tunnel greenhouses in Almeria within an exporting agrifood system context", Science of the Total Environment 628 (2018), pp. 1627-1636.

38. Culturile de roşii din Almería primesc anual între 1 000 şi 1 500 kg N/ha, în vreme ce o cultură obişnuită de porumb din SUA primeşte 150 kg N/ha: US Department of Agriculture, Fertilizer Use and Price (2020), table 10, https:// www.ers.usda.gov/data-products/fertilizer-use-and-price.aspx.

39. „Spain: Almería already exports 80 percent of the fruit and veg it produces", Fresh Plaza (2018), https://www.freshplaza.com/article/9054436/spain-almeria-already-exports-80-of-the-fruit-and-vegit-produces/.

40. Camioanele pentru transporturi pe distanțe lungi din Europa au un consum mediu de combustibil de 30 L/100 km sau 11 MJ/km: International Council of Clean Transportation, Fuel Consumption Testing of 'Tractor-Trailers in the European Union and the United States (mai 2018).

41. Pescuitul la scară industrială are loc acum în peste 55% din oceanele planetei, cuprinzând o suprafață care este de peste patru ori mai mare decât cea de uscat dedicată agriculturii la nivel mondial: D.A. Kroodsma et al., „Tracking the global footprint of fisheries", Science 359/6378 (2018), pp. 904-908. Navele care pescuiesc ilegal îşi opresc transponderele, dar pozițiile miilor de vase care operează legal (marcajele oranj) pot fi văzute în timp real la https://www. marinetraffic. com.

42. R.W.R. Parker şi P.H. Tyedmers, „Fuel consumption of global fishing fleets: Current understanding and knowledge gaps”, Fish and Fisheries 16/4 (2015), pp. 684-696.

43. Costurile energetice cele mai mari sunt pentru crustaceele (creveţi şi homari) prinse de traulele distructive de pe fundul oceanului în Europa, cu un maximum de 17,3 L/kg de captură.

44. D.A. Davis, Feed and Feeding Practices in Aquaculture (Sawston: Woodliead Publishing, 2015); A.G.J. Tacon et al., „Aquaculture feeds: addressing the long-term sustainability of the sector”, în Farming the Waters for People and Food (Roma: FAO, 2010), pp. 193-231.

45. S. Gingrich et al., „Agroecosystem energy transitions in the old and new worlds: trajectories and determinants at the regional scale”, Regional Environmental Change 19 (2018), pp. 1089-1101; E. Aguilera et al., Embodied Energy in Agricultural Inputs: Incorporating a Historical Perspective (Sevilla: Universitatea Pablo de Olavide, 2015); J. Woods et al., „Energy and the food system”, Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences 365 (2010), pp. 2991-3006.

46. V. Smil, Growth: From Microorganisms to Megacities (Cambridge, MA: MIT Press, 2019), p. 311.

47. S. Hicks, „Energy for growing and harvesting crops is a large component of farm operating costs”, Today in Energy (17 octombrie 2014), https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=18431.

48. P. Canning et al., Energy Use in the U.S. Food System (Washington, DC: USDA, 2010).

49. Tendința de unificare a fermelor a continuat constant: J.M. MacDonald et al., „Three Decades of Consolidation in U.S. Agriculture”, USDA Economic Information Bulletin 189 (Martie 2018). Importurile de alimente ca parte din consumul total au crescut chiar şi în multe țări care sunt mari exportatoare nete de hrană (SUA, Canada, Australia, Franța), în principal datorită cererii mai mari de fructe şi legume proaspete şi de fructe de mare. Începând din 2010, cota parte din bugetul americanilor destinat alimentelor consumate „în oraş” a depăşit cota destinată mâncatului acasă. M.J. Saksena et al., America’s Eating Habits: Food Away From Home (Washington, DC: USDA, 2018).

50. S. Lebergott, „Labor force and Employment, 1800-1960”, în D.S. Brady, ed., Output, Employment, and Productivity in the United States After 1800 (Cambridge, MA: NBER, 1966), pp. 117-204.

51. Smil, Growth, pp. 122-124.

52. Pentru conținutul de azot al multor tipuri de deşeuri organice, vezi Smil, Enriching the Earth, anexa B, pp. 234-236. Pentru conținutul de azot al fertilizatoarelor, vezi Yara Fertilizer Industry Handbook 2018, https://www.yara.com/siteassets/investors/057-reports-and-presentations/other/2018/fertilizer-industry-handbook-2018-with-notes.pdf/.

53. Am calculat fluxurile mondiale de azot în producția agricolă pentru mijlocul anilor 1990 (V. Smil, „Nitrogen in crop production: An account of global flows”, Global Biogeochemical Cycles 13 (1999), pp. 647-662) şi am folosit cele mai noi date disponibile privind recoltele şi şeptelurile în pregătirea unei versiuni actualizate pentru 2020.

54. C.M. Long et al., „Use of manure nutrients from concentrated animal feeding operations”, Journal of Great Lakes Research 44 (2018), pp. 245-252.

55. X. Ji et al., „Antibiotic resistance gene abundances associated with antibiotics and heavy metals in animal manures and agricultural soils adjacent to feedlots in Shanghai, China”, Journal of Hazardous Materials 235-236 (2012), pp. 178-185.

56. FAO, Nitrogen Inputs to Agricultural Soils from Livestock Manure: New Statistics (Rome: FAO, 2018).

57. Amoniacul volatilizat reprezintă de asemenea un pericol pentru sănătatea umană: reacția sa cu compuşii acizi din atmosferă formează particule fine care provoacă boli pulmonare, iar amoniacul depozitat pe uscat sau în apă poate cauza încărcături excesive de azot: S.G. Sommer et al., „New emission factors for calculation of ammonia volatilization from European livestock manure management systems”, Frontiers in Sustainable Food Systems 3 (noiembrie 2019).

58. Pentru gamele tipice ale biofixării realizate de culturile de acoperire (leguminoase), vezi Smil, Enriching the Earth, anexa C, p. 237. Cantitățile medii de azot aplicate principalelor culturi agricole din SUA sunt disponibile la: US Department of Agriculture, Fertilizer Use and Price, https://www.ers.usda. gov/data-products/fertilizer-use-and-price.aspx. Declinul producției de leguminoase este documentat la http://www.fao.org/faostat/en/#data/FBS.

59. Producțiile medii recente la nivel mondial au fost de circa 4,6 t/ha pentru orez şi 3,5 t/ha pentru grâu – şi 2,7 t/ha pentru soia şi doar 1,1 t/ha pentru linte. Decalajele de producție sunt mult mai mari în China: 7 t/ha pentru orez

şi 5,4 t/ha pentru grâu, în comparaţie cu 1,8 t/ha pentru soia şi 3,7 t/ha pentru arahide (cealaltă leguminoasă preferată în China). Date de pe site-ul: http://www.fao.org/faostat/en/#data.

60. Culturile duble înseamnă fie să creşti acelaşi tip de cultură în succesiune în cursul aceluiaşi an (aşa se întâmplă frecvent cu orezul în China), fie să cultivi leguminoase după cereale (de exemplu, rotaţia arahide/grâu răspândită în Câmpia de Nord a Chinei).

61. S.-J. Jeong et al., „Effects of double cropping on summer climate of the North China Plain and neighbouring regions", Nature Climate Change 4/7 (2014), pp. 615-619; C. Yan et al., „Plastic-film mulch in Chinese agriculture: Importance and problem", World Agriculture 4/2 (2014), pp. 32-36.

62. Pentru numărul de oameni care pot fi hrăniţi pe unitate de suprafaţă de teren agricol, vezi Smil, Enriching the Earth.

63. Aportul mediu zilnic pentru toţi americanii cu vârsta de peste doi ani este de circa 2 100 kcal, în vreme ce cantitatea medie disponibilă pe cap de locuitor este de 3 600 kcal, o diferenţă de peste 70%! Decalaje similare se regăsesc în majoritatea ţărilor din UE, iar dintre ţările bogate doar producţia din Japonia este mult mai apropiată de consumul efectiv (circa 2 700 faţă de 2 000 kcal/zi).

64. FAO, Global Initiative on Good Loss and Waste Reduction (Roma: FAO, 2014).

65. WRAP, Household food waste: Restated data for 2007-2015 (2018).

66. USDA, „Food Availability (Per Capita) Data System", https:// www.ers.usda.gov/data-products/food-availability-per-capita-data-system/.

67. În prezent, producția zilnică medie de hrană din China este de circa 3 200 kcal/cap de locuitor, față de media japoneză de circa 2 700 kcal/cap de locuitor. În legătură cu irosirea hranei în China, vezi H. Fiu, „Food wasted in China could feed 30-50 million: Report", China Daily (martie 2018).

68. O familie obişnuită din SUA cheltuieşte în prezent doar 9,7% din venitul disponibil pe mâncare; mediile europene se situează între 7,8% în Marea Britanie şi 27,8% în România: Eurostat, „How much are households spending on food?" (2019).

69. C.B. Stanford şi H.T. Bunn, editori, Meat-Eating and Human Evolution (New York: Oxford University Press, 2001); Smil, Should We Eat Meat?

70. Pentru speciile carnivore de cimpanzei comuni, vezi C. Boesch, „Chimpanzees – red colobus: A predator-prey system", Animal Behaviour 47 (1994), pp. 1135-1148; C.B. Stanford, The Hunting Apes: Meat Eating and the Origins of Human Behavior (Princeton: Princeton University Press, 1999). Pentru carnivorele din rândurile cimpanzeilor pitici bonobo, G. Hohmann şi B. Fruth, „Capture and meat eating by bonobos at Lui Kotale, Salonga National Park, Democratic Republic of Congo", Folia Primatologica 79/2 (2008), pp. 103–110.

71. Statisticile istorice detaliate documentează această tendință în Japonia. În 1900, elevii de 17 ani aveau în medie o înălțime de 157,9 cm; în 1939, media era de 162,5 cm (o creştere de 1,1 mm/an); penuriile alimentare din timpul războiului şi de după război au scăzut media la 160,6 cm în

1948; dar în anul 2000 nutriția mai bună a crescut valoarea la 170,8 cm (creştere de circa 0,2 mm/an): Statistics Bureau, Japan, Historical Statistics of Japan (Tokyo: Statistics Bureau, 1996).

72. Z. Hrynowski, „What percentage of Americans are vegetarians?" Gallup (septembrie 2019), https://news.gallup.com/poll/267074/percentage-americans-vegetarian.aspx.

73. Rezerva anuală de carne pe cap de locuitor (greutate în carcasă) se găseşte la: http://www.lao.org/faostat/en/#data/FBS.

74. Pentru detalii privind schimbarea obiceiurilor legate de consumul cărnii în Franța, vezi C. Duchene et al., La consommation de viande en France (Paris: CIV, 2017).

75. Uniunea Europeană foloseşte în prezent circa 60% din producția totală de cereale (grâu, porumb, orz, ovăz şi secară) pentru hrană: USDA, Grain and Feed Annual 2020.

76. Bazat pe mediile rezervelor de carne pe cap de locuitor (greutate în carcasă): http://www.fao.org/faostat/en/#data/FBS.

77. L. Lassaletta et al., „50 year trends in nitrogen use efficiency of world cropping systems: the relationship between yield and nitrogen input to cropland", Environmental Research Letters 9 (2014), 105011.

78. J. Guo et al., „The rice production practices of high yield and high nitrogen use efficiency in Jiangsu", Nature Scientific Reports 7 (2016), article 2101.

79. Prototipul demonstrativ de tractor electric construit de John Deere, unul dintre principalii producători de tractoare din lume, nu are baterii. Este acționat prin intermediul unui cablu electric lung de un kilometru, înfăşurat pe o rolă ataşată, o soluție universală interesantă, dar deloc convenabilă: https://enrg.io/john-deere-electric-tractor-everything-you-need-toknow/.

80. M. Rosenblueth et al., „Nitrogen fixation in cereals”, Frontiers in Microbiology 9 (2018), p. 1794; D. Dent şi E. Cocking, „Establishing symbiotic nitrogen fixation in cereals and other non-legume crops: The Greener Nitrogen Revolution”, Agriculture & Food Security 6 (2017), p. 7.

81. H.T. Odum, Environment, Power, and Society (New York: Wiley-Interscience, 1971), pp. 115-116.

3. Să înţelegem lumea noastră materială: Cei patru piloni ai civilizaţiei

1. Primul produs comercial în care s-au folosit tranzistori a fost un aparat de radio Sony, în 1954; compania Intel a lansat în 1971 primul microprocesor denumit 4004; primul computer personal folosit pe scară largă a fost Apple II, lansat în 1977, urmat de IBM PC în 1981, iar IBM a lansat în 1992 primul telefon inteligent.

2. P. Van Zant, Microchip Fabrication: A Practical Guide to Semiconductor Processing (New York: McGraw-EIill Education, 2014). Pentru costuri energetice, vezi M. Schmidt et al., „Life cycle assessment of silicon wafer processing for

microelectronic chips and solar cells", International Journal of Life Cycle Assessment 17 (2012), pp. 126-144.

3. Semiconductor and Materials International, „Silicon shipment statistics" (2020), https://www.semi.org/en/products-services/ market-data/materials/si-shipment-statistics.

4. V. Smil, Making the Modern World: Materials and Dematerialization (Chichester: John Wiley, 2014); Smil, „What we need to know about the pace of decarbonization." Pentru mai multe informații privind costurile energetice ale materialelor, vezi T.G. Gutowski et al., „The energy required to produce materials: constraints on energy-intensity improvements, parameters of demand", Philosophical Transactions of the Royal Society A 371 (2013), 20120003.

5. Totalurile anuale ale producțiilor naționale şi mondiale pentru toate mineralele metalice şi nemetalice importante din punct de vedere comercial sunt disponibile în actualizările obişnuite publicate de US Geological Survey. Cea mai nouă ediție este: US Geological Survey, Mineral Commodity Summaries 2020, https://pubs.usgs.gov/peri0dicals/mcs2020/mcs2020.pdf.

6. J.P. Morgan, Mountains and Molehills: Achievements and Distractions on the Road to Decarbonization (New York: J.P. Morgan Private Bank, 2019).

7. Acestea sunt calculele mele aproximative, bazate pe o producție anuală de 1,8 Gt de oțel, 4,5 Gt de ciment, 150 Mt de NH3 şi 370 Mt de materiale plastice.

8. Smil, „What we need to know about the pace of decarbonization." Pentru o viziune optimistă privind posibilitățile de decarbonizare ale sectoarelor mai greu de

„îmblânzit”, vezi Energy Transitions Commission, Mission Possible.

9. M. Appl, Ammonia: Principles & Industrial Practice (Weinheirn: Wiley-VCH, 1999); Smil, Enriching the Earth.

10. Science History Institute, „Roy J. Plunkett”, https://www. sciencehistory.org/historical-profile/roy-j-plunkett.

11. Pentru detalii, vezi V. Smil, Grand Transitions: How the Modern World Was Made (New York: Oxford University Press, 2021)

12. Pentru istoria schimbărilor în utilizarea solului la nivel mondial, vezi HYDE, History Database of the Global Environment (2010), http://themasites.pbl.nl/en/themasites/hyde/index.html.

13. Florida şi Carolina de Nord continuă să producă peste 75% din fosfatul de rocă din America, care acum reprezintă circa 10% din producția mondială: USGS, „Phosphaterock” (2020), https:// pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2020/mcs2020-phosphate.pdf.

14. Smil, Enriching the Earth, pp. 39-48.

15. W. Crookes, The Wheat Problem (London: John Murray, 1899), pp. 45-46.

16. Pentru precursorii descoperirii lui Haber şi pentru descrieri detaliate ale experimentelor sale de laborator, vezi Smil, Enriching the Earth, pp. 61-80.

17. Pentru viața şi opera lui Carl Bosch, vezi K. Holdermann, Im Banne der Chemie: Carl Bosch Leben und Werk (Düsseldorf: Econ-Verlag, 1954).

18. La acea dată, cota parte a îngrăşămintelor azotoase anorganice din rezervele agricole ale Chinei nu depăşea 2%: Smil, Enriching the Earth, p. 250.

19. V. Pattabathula şi J. Richardson, „Introduction to ammonia production”, CEP (septembrie 2016), pp. 69-75; T. Brown, „Ammonia technology portfolio: optimize for energy efficiency and carbon efficiency”, Ammonia Industry (2018); V.S. Marakatti şi E.M. Giagneaux, „Recent advances in heterogeneous catalysis for ammonia synthesis”, ChemCatChem (2020).

20. V. Smil, Ckina’s Past, China's Future: Energy, Pood, Environment (London: RoutledgeCurzon, 2004), pp. 72-86.

21. Pentru detalii privind procesul de obținere a amoniacului al lui M.W. Kellogg, vezi Smil, Enriching the Earth, pp. 122-130.

22. FAO, http://www.fao.org/faostat/en/#search/Food%20supply%20 kcal%2Fcapita%2Fday.

23. L. Ma et al., „Modelling nutrient flows in the food chain of China”, Journal of Environmental Quality 39/4 (2010), pp. 1279-1289. Cota parte a Indiei este şi ea la fel de mare: H. Pathak et al., „Nitrogen, phosphorus, and potassium in Indian agriculture”, Nutrient Cycling in Agroecosystems 86 (2010), pp. 287-299.

24. Întotdeauna mă amuză să văd încă o listă cu cele mai importante (sau mai mari) invenții moderne cuprinzând

computere, reactoare nucleare, tranzistoare sau automobile... din care lipseşte, ca de fiecare dată, sinteza amoniacului!

25. Consumul anual de carne pe cap de locuitor (greutate în carcasă) este un bun indicator al acestor diferențe: mediile recente au fost de circa 120 kg în SUA, 60 kg în China şi doar 4 kg în India: http://www.fao.org/faostat/en/#data/FBS.

26. Puterea amoniacului de eliminare a petelor îl face un ingredient preferat. Windex, cel mai răspândit lichid nord-american de curățare a geamurilor, conține 5% NH3.

27. J. Sawyer, „Understanding anhydrous ammonia application in soil" (2019), https://crops.extension.iastate.edu/cropnews/2019/03/understanding-anhydrous-ammonia-application-soil.

28. Yara Fertilizer Industry Handbook.

29. Asia de Est şi de Sud (dominate, respectiv, de China şi India) consumă acum puțin peste 60% din toată cantitatea de uree: Nutrien, Fact Book 2019, https://www.nutrien.com/sites/default/files/uploads/2019-05/Nutrien%2oFact%2oBook%2020i9.pdf.

30. Media absorbției de către culturi a azotului aplicat la nivel mondial (randamentul de utilizare a îngrăşămintelor) a scăzut între 1961 şi 1980 (de la 68% la 45%), iar de atunci s-a stabilizat în jurul valorii de 47%: L. Lassaletta et al., „50 year trends in nitrogen use efficiency of world cropping systems: the relationship between yield and nitrogen input to cropland", Environmental Research Letters 9 (2014), 105011.

31. J.E. Addicott, The Precision Farming Revolution: Global Drivers of Local Agricultural Methods (London: Palgrave Macmillan, 2020).

32. Calculate din datele obținute de la: http://www.fao.org/faostat/en/#data/RFN.

33. În Europa se aplică în prezent de 3,5 ori mai mult azot pe hectarul de teren cultivat decât în Africa, iar diferențele dintre terenurile cel mai intens fertilizate din UE şi cele mai sărace terenuri agricole din Africa sub-sahariană sunt de peste zece ori: http://www.fao.org/faostat/en/#data/RFN.

34. Unele reacții comune de polimerizare – procese de transformare a moleculelor mai simple (monomeri) în rețele tridimensionale formate din lanțuri mai lungi – necesită doar o masă cu puțin mai mare decât inputul inițial: 1,03 unități de etilenă sunt necesare pentru a obține 1 unitate de polietilenă de densitate joasă (care este cel mai mult folosită în fabricarea pungilor din plastic), şi acelaşi raport se aplică la transformarea clorurii de vinil în policlorură de vinil (PVC, folosită pe larg la produsele de îngrijire a sănătății). P. Sharpe, „Making plastics: from monomer to polymer", CEP (septembrie 2015).

35. M.W. Ryberg et al., Mapping of Global Plastics Value Chain and Plastics Losses to the Environment (Paris: UNEP, 2018).

36. The Engineering Toolbox, „Young's Modulus – Tensile and Yield Strength for Common Materials" (2020), https://www.engineering toolbox.com/young-modulus-d_417.html.

37. Boeing 787 a fost primul avion de linie construit în mare parte din materiale compozite. După volum, acestea

reprezintă 87% din avion, iar după greutate, 50%, restul fiind 20% aluminiu, 15% titan şi 10% oțel: J. Hale, „Boeing 787 from the ground up", Boeing AERO 24 (2006), pp. 16-23.

38. W.E. Bijker, Of Bicycles, Bakelites, and Bulbs: Toward a Theory of Sociotechnical Change (Cambridge, MA: The MIT Press, 1995).

39. S. Mossman, ed., Early Plastics: Perspectives, 1850-1950 (London: Science Museum, 1997); S. Fenichell, Plastic: The Making of a Synthetic Century (New York: HarperBusiness, 1996); R. Marchelli, The Civilization of Plastics: Evolution of an Industry Which has Changed the World (Pont Canavese: Sandretto Museum, 1996).

40. N.A. Barber, Polyethylene Terephthalate: Uses, Properties and Degradation (Haupaugge, NY: Nova Science Publishers, 2017).

41. P.A. Ndiaye, Nylon and Bombs: DuPont and the March of Modern America (Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press, 2006).

42. R. Geyer et al., „Production, use, and fate of all plastic ever made", Science Advances 3 (2017), 01700782.

43. Şi nu doar toate tipurile de obiecte mici din plastic. Podele, pereți despărțitori, plăci pentru tavan, uşi şi rame de ferestre pot fi şi ele din plastic.

44. O analiză cuprinzătoare a penuriilor de EPP din SUA: S. Gondi et al., „Personal protective equipment needs in the USA during the COVID-19 pandemic", The Lancet 390 (2020), 090-091. Iar aici este doar una dintre zecile de relatări din media: Z. Schlanger, „Begging for Thermometers,

Body Bags, and Gowns: U.S. Health Care Workers Are Dangerously Ill-Equipped to Fight COVID-19”, Time (20 aprilie 2020). Pentru o perspectivă la nivel mondial, vezi World Health Organization, „Shortage of personal protective equipment endangering health workers worldwide” (3 martie 2020).

45. C.E. Wilkes şi M.T. Berard, PVC Handbook (Cincinnati, OH: Hanser, 2005).

46. M. Eriksen et al., „Plastic pollution in the world’s oceans: More than 5 trillion plastic pieces weighing over 250,000 tons afloat at sea”, PLoS ONE 9/12 (2014) e111913. Iar aici ni se explică de ce majoritatea lor nu este din plastic: G. Suaria et al., „Microfibers in oceanic surface waters: A global characterization”, Science Advances 6/23 (2020).

47. Grafice şi tabele elementare care centralizează clasificarea oțelurilor şi fontelor sunt disponibile la: https://www.mah.se/upload/upload/steel%20and%20cast%20iron.pdf.

48. Pentru o istorie cuprinzătoare a fontei brute, vezi V. Smil, Still the Iron Age: Iron and Steel in the Modern World (Amsterdam: Elsevier, 2016), pp. 19-31.

49. Pentru detalii privind modurile premoderne de producere a oțelului în Japonia, China, India şi Europa, vezi Smil, Still the Iron Age, pp. 12-17.

50. Rezistențele la compresiune ale granitului şi oțelului sunt de până la 250 de milioane de pascali (MPa), dar rezistența la tracțiune a granitului nu depăşeşte 25 MPa, față de 350 – 750 MPa pentru oțelurile folosite în construcții: Cambridge University Engineering Department,

Materials Data Book (2003), http://www-mdp.eng.cam.ac.uk/web/lihrary/enginfo/cueddatabooks/materials.pdf.

51. Pentru o prezentare detaliată, vezi J.E. Bringas, ed., Handbook of Comparative World Steel Standards (West Conshohocken, PA: ASTM International, 2004).

52. M. Cobb, The History of Stainless Steel (Materials Park, OH: ASM International, 2010).

53. Council on Tall Buildings and Human Habitat, „Burj Khalifa” (2020), http://www.skyscrapercenter.com/building/burj-khalifa/3.

54. The Forth Bridges, „Three bridges spanning three centuries” (2020), https://www.theforthbridges.org/.

55. D. MacDonald şi I. Nadel, Golden Gate Bridge: History and Design of an Icon (San Francisco: Chronicle Books, 2008).

56. „Introduction of Akashi-Kaikyō Bridge”, Bridge World (2005), https://www.jb-honshi.co.jp/english/bridgeworld/bridge.html.

57. J.G. Speight, Handbook of Offshore Oil and Gas Operations (Amsterdam: Elsevier, 2011).

58. Smil, Making the Modern World, p. 61.

59. World Steel Association, „Steel in Automotive” (2020), https:// www.worldsteel.org/steel-by-topic/steel-markets/automotive.html.

60. International Association of Motor Vehicle Manufacturers, „Production Statistics” (2020), http://www.oica.net/production-statistics/.

61. Nippon Steel Corporation, „Rails” (2019), https://www.nippon-steel.com/product/catalog_download/pdf/K003en.pdf.

62. Pentru istoria navelor container, vezi V. Smil, Prime Movers of Globalization (Cambridge, MA: MIT Press, 2010), pp. 180-194.

63. U.S. Bureau of Transportation Statistics, „U.S. oil and gas pipelinemileage”(202o), https://www.bts.gov/content/us-oil-and-gas-pipeline-mileage.

64. Tancurile de luptă sunt cele mai grele arme din oțel folosite pe o scară largă de armatele moderne: versiunea cea mai mare a tancului american M1 Abrams (făcut aproape în întregime din oțel) cântăreşte 66,8 tone.

65. D. Alfe et al., „Temperature and composition of the Earth's core”, Contemporary Physics 48/2 (2007), pp. 63-68.

66. Sandatlas, „Composition of the crust” (2020), https://www.sandatlas.org/composition-of-the-earths-crust/.

67. US Geological Survey, „Iron ore” (2020), https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2020/mcs2020-iron-ore.pdf.

68. A.T. Jones, Electric Arc Furnace Steelmaking (Washington, DC: American Iron and Steel Institute, 2008).

69. Un CAE care consumă doar 340 kWh/tona de oțel are o putere de 125-130 MW, iar funcționarea sa zilnică (40 de şarje de câte 120 t) va avea nevoie de 1,63 GWh de electricitate. Folosind media anuală a consumului de electricitate din gospodăriile americane de circa 29 kWh/zi şi o dimensiune medie a gospodăriei de 1,52 oameni, aceasta ar însemna un echivalent de circa 56 000 de gospodării sau 141 000 de oameni.

70. „Alang, Gujarat: The World's Biggest Ship Breaking Yard & A Dangerous Environmental Time Bomb", Marine Insight (martie 2019), https://www.marineinsight.com/environment/alang-gujarat-the-world's-biggest-ship-breaking-yard-a-dangerous-environmental-time-bomb/. În martie 2020, o imagine din satelit arăta peste 70 de vase şi utilaje de forare în diferite etape de dezmembrare pe plajele Alang, între P. Rajesh Shipbreaking la extremitatea sudică şi Rajendra Shipbreakers, la circa 10 km spre nord-vest.

71. Concrete Reinforcing Steel Institute, „Recycled materials" (2020), https: //www.crsi.org/index. cfm/architecture/recycling.

72. Bureau of International Recycling, World Steel Recycling in Figures 2014–2018 (Brussels: Bureau of International Recycling, 2019).

73. World Steel Association, Steel in Figures 2019 (Bruxelles: World Steel Association, 2019).

74. Pentru varianta lungă a istoriei furnalelor, vezi Smil, Still the Iron Age. Pentru construcția şi funcționarea furnalelor moderne, vezi M. Geerdes et al., Modem Blast Furnace Ironmaking (Amsterdam: IOS Press, 2009); I.

Cameron et al., Blast Furnace Ironmaking (Amsterdam: Elsevier, 2019).

75. Inventarea şi răspândirea furnalelor cu oxigen bazic este urmărită în W. Adams şi J.B. Dirlam, „Big steel, invention, and innovation”, Quarterly Journal of Economics 80 (1966), pp. 167-189; T.W. Miller et al., „Oxygen steelmaking processes”, în D.A. Wakelin, ed., The Making, Shaping and Treating of Steel: Ironmaking Volume (Pittsburgh, PA: The AISE Foundation, 1998), pp. 475-524; J. Stubbles, „EAF steelmaking – past, present and future”, Direct from MIDRFX 3 (2000), pp. 3-4.

76. World Steel Association, „Energy use in the steel industry” (2019), https://www.worldsteel.org/en/dam/jcr:f07b864c-908e-4229-9f92-669f1c3abf4c/fact_energy_2019.pdf.

77. Pentru tendințe istorice, vezi Smil, Still the Iron Age; U S Energy Information Administration, „Changes in steel production reduce energy intensity” (2016), https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=27292.

78. World Steel Association, Steel’s Contribution to a Low Carbon Future and Climate Resilient Societies (Brussels: World Steel Association, 2020); H. Fie et al., „Assessment on the energy How and carbon emissions of integrated steelmaking plants”, Energy Reports 3 (2017), pp. 29-36.

79. J.P. Saxena, The Rotary Cement Kiln: 'Total Productive Maintenance, Techniques and Management (Boca Raton, FL: CRC Press, 2009).

80. V. Smil, „Concrete facts”, Spectrum IEEE (martie 2020), pp. 20-21; National Concrete Ready Mix Associations, Concrete CO, Fact Sheet (2008).

81. F.-J. Ulm, „Innovationspotenzial Beton: Von Atomen zur Grünen Infrastruktur”, Beton-und Stahlbetonbauer 107 (2012), pp. 504-509.

82. Clădirile moderne din lemn au devenit mai înalte, dar nu folosesc cherestea simplă, ci un tip mult mai rezistent, cherestea laminată transversal (CLT), un material prefabricat brevetat realizat din mai multe straturi (3, 5, 7 sau 9) de cherestea uscată în cuptor, prelucrate şi lipite între ele: https://cwc.ca/how-to-build-with-wood/wood-products/mass-timber/cross-laminated-timber-clt/. În 2020, cea mai înaltă clădire din CLT (85,4 m) era Mjøstårnet realizată de Voll Arkitekter în Brumunddal, Norvegia, o construcție cu destinații multiple (apartamente, un hotel, birouri, un restaurant, o piscină) definitivată în 2019: https://www.dezeen.com/2019/03/19/mjøstårne-worlds-tallest-timber-tower-voll-arkitekter-norway/.

83. F. Lucchini, Pantheon – Monumenti dell’ Architettura (Roma: Nuova Italia Scientifica, 1966).

84. A.J. Francis, The Cement Industry, 1796-1914: A History (Newton Abbot: David and Charles, 1978).

85. Smil, „Concrete facts.”

86. J.-L. Bosc, Joseph Monier et la naissance du ciment armé (Paris: Editions du Linteau, 2001); F. Newby, ed., Early Reinforced Concrete (Burlington, VT: Ashgate, 2001).

87. American Society of Civil Engineers, „Ingalls building” (2020), https://www.asce.org/project/ingalls-building/; M.M. Ali, „Evolution of Concrete Skyscrapers: from Ingalls to Jin Mao”, Electronic Journal of Structural Engineering 1 (2001), pp. 2-14.

88. M. Peterson, „Thomas Edison's Concrete Houses", Invention & Technology 11/3 (1996), pp. 50-56.

89. D.P. Billington, Robert Maillart and the Art of Reinforced Concrete (Cambridge, MA: MIT Press, 1990).

90. B.B. Pfeiffer şi D. Larkin, Frank Lloyd Wright: 'The Masterworks (New York: Rizzoli, 1993).

91. E. Freyssinet, Un amour sans limite (Paris: Editions du Linteau, I993).

92. Sydney Opera House: Utzon Design Principles (Sydney: Sydney Opera House, 2002).

93. History of Bridges, „The World's Longest Bridge – Danyang-Kunshan Grand Bridge" (2020), http://www.historyofbridges.com/famous-bridges/longest-bridge-in-the-world/.

94. US Geological Survey, „Materials in Use in U.S. Interstate Highways" (2006), https://pubs.usgs.gov/fs/2006/3127/2006-3127.pdf.

95. Associated Engineering, „New runway and tunnel open skies and roads at Calgary International Airport" (iunie 2015).

96. Dintre numeroasele cărți despre Barajul Hoover, se remarcă relatările martorilor oculari din lucrarea următoare: A.J. Dunar şi D. McBride, Building Hoover Dam: An Oral History of the Great Depression (Las Vegas: University of Nevada Press, 2016).

97. Power Technology, „Three Gorges Dam Hydro Electric Power Plant, China" (2020), https://www.power-technology.com/projects/gorges/.

98. Date privind producția, comercializarea şi consumul de ciment în SUA sunt disponibile în rapoartele publicate de US Geological Survey. Ediția din 2020: US Geological Survey, Mineral Commodity Summaries 2020, https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs202o/mcs2020.pdf.

99. La un nivel de 320 de milioane de tone, producția din 2019 a Indiei, al doilea mare producător al lumii, este de doar 15% din totalul chinez: USGS, „Cement” (2020), https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2020/mcs2020-cement.pdf.

100. N. Delatte, ed., Failure, Distress and Repair of Concrete Structures (Cambridge: Woodhead Publishing, 2009).

101. D.R. Wilburn şi T. Goonan, Aggregates from Natural and Recycled Sources (Washington, DC: USGS, 2013).

102. American Society of Civil Engineers, 2017 Infrastructure Report Card, https://www.infrastructurereportcard.org/.

103. C. Kenny, „Paving Paradise”, Foreign Policy (ian/feb 2012), pp. 31-32.

104. Printre construcțiile din beton abandonate în toată lumea se numără acum aproape toate tipurile de clădiri, de la baze de submarine nucleare la reactoare nucleare (fiecare dintre acestea se pot găsi în Ucraina), şi de la gări feroviare la mari stadioane sportive, teatre şi monumente.

105. Calculate din datele oficiale publicate în China, în China Statistical Yearbook. Cea mai nouă ediție este disponibilă la: http://www.stats.gov.cn/tjsj/ndsj/2019/indexeh.htm.

106. M.P. Mills, Mines, Minerals, and „Green” Energy: A Reality Check (New York: Manhattan Institute, 2020).

107. V. Smil, „What I see when I see a wind turbine”, IEEE Spectrum (martie 2016), p. 27.

108. H. Berg şi M. Zackrisson, „Perspectives on environmental and cost assessment of lithium metal negative electrodes in electric vehicle traction batteries”, Journal of Power Sources 415 (2019), pp. 83-90; M. Azevedo et al., Lithium and Cohalt: A Tale of Two Commodities (New York: McKinsey & Company, 2018).

109. C. Xu et al., „Future material demand for automotive lithium-based batteries”, Communications Materials I (2020), p. 99.

4. Să înţelegem globalizarea: Motoare, microcipuiri şi dincolo de acestea

1. Pentru originile părților componente ale iPhone-urilor, vezi „Here's where all the components of your iPhone come from”, Business Insider, https://i.insider.com/570d5092dd089568298b4978; şi vezi părțile reale la: „iPhone 11 Pro Max Teardown”, iFixit (septembrie 2019), https://www.ifixit.com/Teardown/iPhone+11+Pro+Max+Teardown/126000.

2. În anul universitar 218/2019 s-au înscris în universitățile şi colegiile americane aproape 1,1 milioane de

studenți străini, reprezentând 5,5% din total şi contribuind cu 44,7 miliarde de dolari la economia SUA: Open Doors 2019 Data Release, https://opendoors-data.org/annual-release/.

3. Nimic nu redă mai bine neajunsurile supraturismului de dinainte de COVID ca imaginile principalelor destinații turistice luate cu asalt de mase de oameni: faceți o căutare după termenul „overtourism” şi dați click pe Imagini.

4. World Trade Organization, Highlights of World Trade (2019), https://www.wto.org/english/res_e/statis_e/wts2019_e/wts2019 chapter02_e.pdf.

5. World Bank, „Foreign direct investment, net inflows” (accesat 2020), https://data.worldbank.org/indicator/BX.KLT.DINV.CD.WD; A. Debnath şi S. Barton, „Global currency trading surges to $6.6 trillion-a-day market”, GARP (septembrie 2019), https://www.garp.org/#!/risk-intelligence/all/all/a1Z1W000003mKKPUA2.

6. V. Smil, „Data world: Racing toward yotta”, IEEE Spectrum (iulie 2019), p. 20. Pentru detalii privind submultiplii unităților, vezi Anexa.

7. Peterson Institute for International Economics, „What is globalization?” (accesat în 2020), https://www.piie.com/microsites/globalization/what-is-globalization.

8. W.J. Clinton, Public Papers of the Presidents of the United States: William J. Clinton, 2000-2001 (Best Books, 2000).

9. World Bank, „Foreign direct investment, net inflows."

10. În mod evident, lipsa libertăților personale sau nivelurile ridicate ale corupției nu sunt obstacole în calea influxurilor mari de investiții. Scorul Chinei la capitolul libertate este de 10, iar al Indiei este 71 dintr-un maximum posibil de 100 (al Canadei este 98), iar China împarte primul loc cu India pe indicele de percepție al corupției (80, în comparație cu 3 al Finlandei): Freedom House, „Countries and territories" (accesat 2020), https://freedomhouse.org/countries/freedom-world/scores; Transparency International, „Corruption perception index" (accesat 2020), https://www.transparency.org/en/cpi/2020/index/nzl.

11. G. Wu, „Ending poverty in China: What explains great poverty reduction and a simultaneous increase in inequality in rural areas?" World Bank Blogs (octombrie 2016), https://blogs.worldbank.org/eastasiapacific/ending-poverty-in-china-what-explains-great-poverty-reduction-and-a-simultaneous-increase-in-inequality-in-rural-areas.

12. Iată doar o mică selecție a unora dintre contribuțiile notabile: J.E. Stieglitz, Globalization and Its Discontents (New York: W.W. Norton, 2003); G. Buckman, Globalization: Tame It or Scrap It?: Mapping the Alternatives of the Anti-Globalization Movement (London: Zed Books, 2004); M. Wolf, Why Globalization Works (New Haven, CT: Yale University Press, 2005); P. Marher, „Globalization and its contents", World Policy Journal 21 (2004), pp. 29-37; J. Bhagvati, In Defense of Globalization (Oxford: Oxford University Press, 2007); J. Miskiewicz şi M. Ausloos, „Has the world economy reached its globalization limit?" Physica A: Statistical Mechanics and its Applications 389 (2009), pp. 797-806; L.J. Brahm, The Anti-Globalization Breakfast

Club: Manifesto for a Peaceful Revolution (Chichester: John Wiley, 2009); D. Rodrik, The Globalization Paradox: Democracy and the Future of the World Economy (New York: W.W. Norton, 2011); R. Baldwin, The Great Convergence: Information Technology and the New Globalization (Cambridge, MA: Belknap Press, 2016).

13. J. Yellin et al., „New evidence on prehistoric trade routes: The obsidian evidence from Gilat, Israel", Journal of Field Archaeology 23 (2013), pp. 361-368.

14. Cassius Dio, Romaika LXVIII:29: „Apoi s-a apropiat de ocean şi, când i-a aflat natura şi a văzut o corabie navigând spre Indii, a spus: «Neîndoielnic că aş fi plecat şi eu spre Indii, dacă aş mai fi fost tânăr». Căci a început să se gândească la Indii şi era curios cu privire la treburile lor, iar pe Alexandru îl considera un norocos".

15. V. Smil, Why America is Not a New Rome (Cambridge, MA: MIT Press, 2008).

16. J. Keay, The Honourable Company: A History of the English East India Company (London: Macmillan, 1994); F.S. Gaastra, The Dutch East India Company (Zutpen: Walburg Press, 2007).

17. Cu încărcături grele (50 – 79 kg) şi în relief muntos, cărăuşii nu puteau parcurge mai mult de 9 – 11 km pe zi; cu sarcini mai uşoare (35 – 40 kg), aceştia puteau parcurge până la 24 km pe zi, aceeaşi distanță ca şi caravanele cu cai: N. Kim, Mountain Rivers, Mountain Roads: Transport in Southwest China, 1700-1850 (Leiden: Brill, 2020), p. 559.

18. J.R. Bruijn et al., Dutch-Asiatic Shipping in the 17th and 18th Centuries (The Hague: Martinus Nijhoff, 1987).

19. J. Lucassen, „A multinational and its labor force: The Dutch East India Company, 1595-1795”, International Labor and Working-Class History 66 (2004), pp. 12-39.

20. C. Mukerji, From Graven Images: Patterns of Modern Materialism (New York: Columbia University Press, 1983).

21. W. Franits, Dutch Seventeenth-Century Genre Painting (New Haven, CT: Yale University Press, 2004); D. Shawe-Taylor şi Q. Buvelot, Masters of the Everyday: Dutch Artists in the Age of Vermeer (London: Royal Collection Trust, 2015).

22. W. Fock, „Semblance or Reality? The Domestic Interior in Seventeenth-Century Dutch Genre Painting”, în M. Westermann, ed., Art & Home: Dutch Interiors in the Age of Rembrandt (Zwolle: Waanders, 2001), pp. 83-101.

23. J. de Vries, „Luxury in the Dutch Golden Age in theory and practice”, în M. Berg şi E. Eger, editori, Luxury in the Eighteenth Century (London: Palgrave Macmillan, 2003), pp. 41-56.

24. D. Hondius, „Black Africans in seventeenth century Amsterdam”, Renaissance and Reformation 31 (2008), pp. 87-105; T. Moritake, „Netherlands and tea”, World Green Tea Association (2020), http://www.o-cha.net/english/teacha/history/netherlands.html.

25. A. Maddison, „Dutch income in and from Indonesia 1700-1938”, Modern Asia Studies 23 (1989), pp. 645-670.

26. R.T. Gould, Marine Chronometer: Its History and Developments (New York: ACC Art Books, 2013).

27. C.K. Harley, „British shipbuilding and merchant shipping: 1850-1890Journal of Economic History 30/1 (1970), pp. 262-266.

28. R. Knauerhase, „The compound steam engine and productivity: Changes in the German merchant marine fleet, 1871–1887”, Journal of Economic History 28/3 (1958), pp. 390-403.

29. C.L. Harley, „Steers afloat: The North Atlantic meat trade, liner predominance, and freight rates, 1870-1913”, Journal of Economic History 68/4 (2008), pp. 1028-1058.

30. Pentru istoria telegrafului, vezi F.B. Jewett, 100 Years of Electrical Communication in the United States (New York: American Telephone and Telegraph, 1944); D. Flochfelder, The Telegraph in America, 1832-1920 (Baltimore, MD: Johns Flopkins University Press, 2013); R. Wenzlhuemer, Connecting the Nineteenth-Century World. The Telegraph and Globalization (Cambridge: Cambridge University Press, 2012).

31. Pentru istoria timpurie a telefonului, vezi H.N. Casson, The History of the Telephone (Chicago: A.C. McClurg & Company, 1910); E. Garcke, „Telephone”, in Encyclopaedia Britannica, ed. 11, vol. 26 (Cambridge: Cambridge University Press, 1911), pp. 547-557.

32. Smil, Creating the Twentieth Century.

33. G. Federico şi A. Tena-Junguito, „World trade, 1800-1938: a new synthesis”, Revista de Historia Economica /Journal of Iberian and Latin America Economic History 37/1 (2019); CEPII, „Databases”, http://www.cepii.fr/CEPII/en/bdd_modele/hdd.asp; M.J. Klasing şi P. Milionis, „Quantifying the evolution of world

trade, 1870-1949”, Journal of International Economics 92/1 (2014), pp. 185-197. Pentru o istorie a „globalizării aburului”, vezi J. Darwin, Unlocking the World: Port Cities and Globalization in the Age of Steam, 1830-1930 (Londra: Allen Lane, 2020).

34. US Department of Homeland Security, „Total immigrants by decade”, http://teacher.scholastic.com/activities/immigration/pdfs/by_decade/decade_line_chart.pdf.

35. Dezvoltarea turismului în sec. XIX este descrisă în P. Smith, The History of Tourism: Thomas Cook and the Origins of Leisure Travel (London: Psychology Press, 1998); E. Zuelow, A History of Modern Tourism (London: Red Globe Press, 2015).

36. Lenin a locuit şi călătorit în Europa de Vest (Franța, Elveția, Anglia, Germania şi Belgia) şi în Polonia austriacă între iulie 1900 şi noiembrie 1905 şi mai târziu între decembrie 1907 şi aprilie 1917: R. Service, Lenin: A Biography (Cambridge, MA: Belknap Press, 2002).

37. Smil, Prime Movers of Globalization.

38. F. Oppel, ed., Early Flight (Secaucus, NJ: Castle, 1987); B. Gunston, Aviation: The First 100 Years (Hauppauge, NY: Barron’s, 2002).

39. M. Raboy, Marconi: The Man Who Networked the World (Oxford: Oxford University Press, 2018); H.G.J. Aitkin, The Continuous Wave: Technology and the American Radio, 1900-1932 (Princeton, NJ: Princeton University Press, 1985).

40. Smil, Prime Movers of Globalization.

41. J.J. Bogert, „The new oil engines”, The New York Times (26 septembrie 1912), p. 4.

42. E. Davies et al., Douglas DC-3: 60 Years and Counting (Elk Grove, CA: Aero Vintage Books, 1995); M.D. Klaas, Last of the Flying Clippers (Atglen, PA: Schiffer Publishing, 1998); „Pan Am across the Pacific”, Pan Am Clipper Flying Boats (2009), https://www.clipperflyingboats.com/transpacific-airline-service.

43. M. Novak, „What international air travel was like in the 1930s”, Gizmodo (2013), https://paleofuture.gizmodo.com/what-international-air-travel-was-like-in-the-1930s-1471258414.

44. J. Newman, „Titanic: Wireless distress messages sent and received April 14-15, 1912”, Great Ships (2012), https://greatships.net/distress.

45. A.K. Johnston et al., Time and Navigation (Washington, DC: Smithsonian Books, 2015).

46. Pentru un grafic al ratei de adopție a dispozitivelor noi, vezi D. Thompson, „The 100-year march of technology in 1 graph”, The Atlantic (aprilie 2012), https://www.theatlantic.com/technology/archive/2012/04/the-100-year-march-of-technology-in-1-graph/255573/.

47. V. Smil, Made in the USA: The Rise and Retreat of American Manufacturing (Cambridge, MA: MIT Press, 2013).

48. S. Okita, „Japan’s Economy and the Korean War”, Far Eastern Survey 20 (1951), pp. 141-144.

49. Statistici istorice (naționale şi mondiale) privind producțiile de oțel, ciment şi amoniac (azot) sunt disponibile

la: US Geological Survey, „Commodity statistics and information”, https://www.usgs.gov/centers/nmic/commodity-statistics-and-information. Pentru producția de plastic, vezi R. Geyer et al., „Production, use, and fate of all plastics ever made”, Science Advances 3/7 (2017), 01700782.

50. R. Solly, 'Tanker: The History and Development of Crude Oil Tankers (Barnsley: Chatham Publishing, 2007).

51. United Nations, World Energy Supplies in Selected Years 1929-1950 (New York: UN, 1952); British Petroleum, Statistical Review of World Energy.

52. P.G. Noble, „A short history of LNG shipping, 1959-2009”, SNAME (2009).

53. M. Levinson, 'The Box (Princeton, NJ: Princeton University Press, 2006); Smil, Prime Movers of Globalization.

54. Pentru creşterea importurilor şi declinul cotei parte a automobilelor produse în Detroit din piața auto americană, vezi Smil, Made in the USA.

55. Compania germană MAN (Maschinenfabrik-Augsburg-Nürnberg) a fost în fruntea progreselor tehnice ale motoarelor diesel de după al Doilea Război Mondial, dar în prezent maşinile cele mai mari sunt proiectate de compania finlandeză Wartsila şi fabricate în Asia (Japonia, Coreea de Sud, China): https://www.wartsila.com/marine/build/engines-and-generating-sets/diesel-engines (accesat 2020).

56. Smil, Prime Movers of Globalization, pp. 79-108.

57. G.M. Simons, Comet! The World's First Jet Airliner (Philadelphia: Casemate, 2019).

58. E.E. Bauer, Boeing: The First Century (Enumclaw, WA: TABA Publishers, 2000); A. Pelletier, Boeing: The Complete Story (Sparkford: Haynes Publishing, 2010).

59. Despre 747 s-au publicat mai multe cărți decât despre oricare altă aeronavă comercială din istorie. J. Sutter şi J. Spenser, 747: Creating the World's First Jumbo Jet and Other Adventures from a Life in Aviation (Washington, DC: Smithsonian, 2006). Pentru o analiză din interior, vezi C. Wood, Boeing 747 Owners' Workshop Manual (London: Zenith Press, 2012).

60. „JT9D Engine", Pratt & Whitney (accesat 2020), https://prattwhitney.com/products-and-services/products/commercial-engines/jt9d. Pentru detalii privind turboventilatoarele, vezi N. Cumpsty, Jet Propulsion (Cambridge: Cambridge University Press, 2003); A. Linke-Diesinger, Systems oj Commercial Turbofan Engines (Berlin: Springer, 2008).

61. E. Lacitis, „50 years ago, the first 747 took off and changed aviation", The Seattle Times (februarie 2019).

62. S. McCartney, ENIAC (New York: Walker & Company, 1999).

63. T.R. Reid, The Chip (New York: Random Flouse, 2001); C. Lécuyer şi D.C. Brock, Makers of the Microchip (Cambridge: MIT Press, 2010).

64. „The story of the Intel 4044", Intel (accesat 2020), https://www.

intel.com/content/www/us/en/history/museum-story-of-intel-4004.html.

65. World Bank, „Export of goods and services (percentage of GDP)” (accesat 2020), https://data.worldbank.org/indicator/ne.exp.gnfs.zs.

66. United Nations, World Economic Survey, 1975 (New York: UN, 1976).

67. S.A. Camarota, Immigrants in the United States, 2000 (Center for Immigration Studies, 2001), https://cis.org/Report/Immigrants-United-States-2000.

68. P. Nolan, China and the Global Business Revolution (London: Palgrave, 2001); L. Brandt et al., editori, China’s Great Transformation (Cambridge: Cambridge University Press, 2008).

69. S. Kotkin, Armageddon Averted: The Soviet Collapse, 1970-2000 (Oxford: Oxford University Press, 2008).

70. C. VanGrasstek, 'The History and the Future of the World Trade Organization (Geneva: WTO, 2013).

71. World Bank, „GDP per capita growth (annual percent)–India” (accesat 2020), https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.KD.ZG?locations=IN.

72. World Trade Organization, World Trade Statistical Review 2019 (Geneva: WTO, 2019), https://www.wto.org/english/res_e/statis_e/wts2019_e/wts2019_e.pdf.

73. World Bank, „Trade share (percent of GDP)” (accesat 2020), https://data.worldbank.org/indicator/ne.trd.gnfs.zs.

74. World Bank, „Foreign direct investment, net outflows (percent of GDP)” (accesat 2020), https://data.worldbank.org/indicator/BM.KLT.DINV.WD.GD.ZS.

75. S. Shulgin et al., „Measuring globalization: Network approach to countries’ global connectivity rates and their evolution in time”, Social Evolution & History 18/1 (2019), pp. 127-138.

76. United Nations Conference on Trade and Development (Conferința ONU pe teme de comerț și dezvoltare), Review of Maritime Transport, 1975 (New York: UNCTAD, 1977); Review of Maritime Transport, 2019 (New York: UNCTAD, 2020); 50 Years of Review of Maritime Transport, 1968-2018 (New York: UNCTAD, 2018).

77. Maersk, „About our group”, https://web.archive.org/web/20071012231026/http://about.maersk.com/en; Mediterranean Shipping Company, „Gülsün Class Ships” (accesat 2020), https://www.msc.com/tha/about-us/new-ships.

78. International Air Transport Association, World Air Transport Statistics (Montreal: IATA, 2019), și volumele din trecut ale acestei publicații anuale.

79. World Tourism Organization, „Tourism statistics” (accesat 2020), https://www.e-unwto.org/toc/unwtotfb/current.

80. K. Koens et al., Overtourism? Understanding and Managing Urban Tourism Growth beyond Perceptions (Madrid: World Tourism Organization, 2018).

81. G.E. Moore, „Cramming more components onto integrated circuits”, Electronics 38/8 (1965), pp. 114-117; „Progress in digital integrated electronics”, Technical Digest, IEEE International Electron Devices Meeting (1975), pp. 11–13; „No exponential is forever: but «Forever» can be delayed!”, articol prezentat la Solid-State Circuits Conference, San Francisco (2003); Intel, „Moore’s law and Intel innovation” (accesat 2020), http://www.intel.com/content/www/us/en/history/museum-gordon-moore-law.html.

82. C. Tung et al., ULSI Semiconductor Technology Atlas (Hoboken, NJ: Wiley-Interscience, 2003).

83. J.V. der Spiegel, „ENIAC-on-a-chip”, Moore School of Electrical Engineering (1995), https://www.seas.upenn.edu/~jan/eniacproj.html.

84. H. Mujtaba, „AMD 2nd gen EPYC Rome processors feature a gargantuan 39.54 billion transistors, IO die pictured in detail”, WCCF Tech (octombrie 2019), https://wccftech.c0m/amd-2nd-gen-epyc-rome-iod-ccd-chipshots-39-billion-transistors/.

85. P.E. Ceruzzi, GPS (Cambridge, MA: MIT Press, 2018); A.K. Johnston et al., Time and Navigation (Washington, DC: Smithsonian Books, 2015).

86. MarineTraffic, https://www.marinetraffic.com.

87. Flightradar24, https://www.flightradar24.corn; Flight Aware, https://flightaware.com/live/.

88. De exemplu, cursul normal de zbor (care urmează calea cercului mare) de la Frankfurt (FRA) la Chicago (ORD) trece pe la sud de extremitatea sudică a Groenlandei (vezi: Great

Circle Mapper, http://www.gcmap.com/mapui?P=FRA-ORD). Dar când un curent de aer puternic ajunge în zonă, traiectoria se mută spre nord, astfel că avioanele trec pe deasupra ghețarilor insulei.

89. Cele mai notabile tulburări recente ale zborurilor au fost cauzate de erupția vulcanului Eyjafjallajökull din Islanda, din aprilie şi mai 2010: BGS Research, „Eyjafjallajökull eruption, Iceland”, British Geological Survey (accesat 2020), https://www.bgs.ac.uk/research/volcanoes/icelandic_ash.html.

90. M.J. Klasing şi P. Milionis, „Quantifying the evolution of world trade, 1870-1949”, Journal of International Economics 92 (2014), pp. 185-197.

91. Pentru o hartă a coeficientului de autosuficiență alimentară, vezi Food and Agriculture Organization, „Food self-sufficiency and international trade: a false dichotomy?” în The State of Agricultural Markets IN DEPTH 2015-16 (Roma: FAO, 2016), http://www.fao.org/3/a-i5222e.pdf.

92. Internetul ne sugerează îndatoritor 10, 13, 20, 23, 50 sau 100 de destinații de vizitat neapărat înainte să închidem ochii definitiv – trebuie doar să dai o căutare după „Bucket list places to visit”.

93. Declinul contribuției SUA şi UE la procesele de fabricație la nivel mondial este analizat în M. Levinson, U.S. Manufacturing in International Perspective (Congressional Research Service, 2018), https://fas.org/sgp/crs/misc/R42135.pdf; şi R. Marschinski şi D. Martinez-Turegano, „The EU’s shrinking share in global manufacturing: a value chain decomposition analysis”, National Institute Economic Review 252 (2020), R19-R32.

94. În pofida unui deficit comercial mare şi cronic în raport cu China, în 2019 importurile Canadei includeau hârtie, mucava şi pulpă de lemn în valoare de aproape o jumătate de miliard de dolari – şi totuşi suprafața de păduri regenerabile natural pe cap de locuitor în Canada este de circa 90 de ori mai mare decât în China: FAO, Global Forest Resources Assessment 2020, http://www.fao.org/3/ca9825en/CA9825EN.pdf.

95. A. Case şi A. Deaton, Deaths of Despair and the Future of Capitalism (Princeton, NJ: Princeton University Press, 2020).

96. S. Lund et al., Globalization in Transition: The Future Trade and Value Chains (Washington, DC: McKinsey Global Institute, 2019).

97. OECD, Trade Policy Implications of Global Value Chains (Paris: OECD, 2020).

98. A. Ashby, „From global to local: reshoring for sustainability", Operations Management Research 9/3-4 (2016), pp. 75-88; O. Butzbach et al., „Manufacturing discontent: National institutions, multinational firm strategies, and anti-globalization backlash in advanced economies", Global Strategy Journal 10 (2019), pp. 67-93.

99. OECD, „COVID-19 and global value chains: Policy options to build more resilient production networks" (iunie 2020); UNCTAD, World Investment Report 2020 (New York: UNCTAD, 2020); Swiss Re Institute, „De-risking global supply chains: Rebalancing to strengthen resilience", Sigma 6 (2020); A. Fish şi H. Spillane, „Reshoring advanced manufacturing supply chains to generate good jobs", Brookings (iulie 2020),

https://www.brookings.edu/research/reshoring-advanced-manufacturing-supply-chains-to-generate-good-jobs/.

100. V. Smil, „History and risk”, Inference 5/1 (aprilie 2020). La şase luni de la declanşarea pandemiei de COVID, în spitalele americane persista criza profundă de echipamente de protecție personală: D. Cohen, „Why a PPE shortage still plagues America and what we need to do about it”, CNBC (august 2020), https://www.cnbc.com/2020/08/22/coronavirus-why-a-ppe-shortage-still-plagues-the-us.html

101. P. Haddad, „Growing Chinese transformer exports cause concern in U.S.”, Power Transformer News (mai 2019), https://www.powertransformernews.com/2019/05/02/growing-chinese-transformer-exports-cause-concern-in-u-s/.

102. N. Stonnington, „Why reshoring U.S. manufacturing could be the wave of the future”, Forbes (9 septembrie 2020); M. Leonard, „64 percent of manufacturers say reshoring is likely following pandemic: survey”, Supply Chain Dive (mai 2020), https://www.supplychaindive.com/news/manufacturing-reshoring-pandemic-thomas/577971/.

5. Să înţelegem riscurile: De la virusuri la diete şi la exploziile solare

1. A. de Waal, „The end of famine? Prospects for the elimination of mass starvation by political action”, Political Geography 62 (2017), pp. 184-195.

2. Cu privire la impactul spălatului pe mâini mai des, vezi Global Handwashing Partnership, „About handwashing” (accesat 2020), https://globalhandwashing.org/about-handwashing/. Riscurile intoxicării cu monoxid de carbon erau deosebit de ridicate în țările cu climă rece, unde sobele cu lemne erau singura sursă de căldură: J. Howell et al., „Carbon monoxide hazards in rural Alaskan homes”, Alaska Medicine 39 (1997), pp. 8–11. Cu atât de multe detectoare ieftine de CO (primele au fost introduse pe piață la începutul anilor 1990), nu există nicio justificare pentru decesele provocate în urma combustiei incomplete în interiorul locuințelor.

3. Probabil că nu există niciun alt concept de o simplitate comparabilă în afară de centura de siguranță auto în 3 puncte (introdusă pentru prima oară de Nils Ivar Boldin pentru Volvo în 1959), care să poată fi creditată cu salvarea unui număr atât de mare de vieți şi prevenirea multor altor accidente grave – şi încă la un cost atât de scăzut. În mod justificabil, în 1985, Biroul German de Patente l-a clasat printre cele mai importante 8 inovații din ultima sută de ani. N. Bohlin, „A statistical analysis of 28,000 accident cases with emphasis on occupant restraint value”, SAE Technical Paper 670925 (1967); T. Borroz, „Strapping success: The 3-point seatbelt turns 50”, Wired (august 2009).

4. Această chestiune a reprezentat multă vreme un motiv de iritare pentru relațiile externe ale Japoniei. Această țară a refuzat în repetate rânduri să semneze Convenția de la Haga privind Aspectele Civile ale Răpirii Internaționale a Copiilor (semnată în 1980, intrată în vigoare de la 1 decembrie 1983): Convention on the Civil Aspects of International Child Abduction, https://assets.hcch.net/docs/e86d9f72-dc8d-46f3-e102911c8532.pdf. Şi cu toate că a semnat-o în cele

din urmă în 2014, puţini parteneri americani sau europeni au reuşit să-şi revendice drepturile parentale.

5. Cu privire la declinul conflictelor violente, vezi J.R. Oneal, „From realism to the liberal peace: Twenty years of research on the causes of war”, în G. Lundestad, ed., International Relations Since the End oj the Cold War: Some Key Dimensions (Oxford: Oxford University Press, 2012), pp. 42-62; S. Pinker, „The decline of war and conceptions of human nature”, International Studies Review 15/3 (2013), pp. 400-405.

6. National Cancer Institute, „Asbestos exposure and cancer risk” (accesat 2020), https://www.cancer.gov/about-cancer/; American Cancer Society, „Talcum powder and cancer” (accesat 2020), https://www.cancer.org/cancer/cancer-causes/talcum-powder-and-cancer.html; J. Entine, Scared to Death: How Chemophobia Threatens Public Health (Washington, DC: American Council on Science and Health, 2011). În privinţa încălzirii globale, există o mare varietate de cărţi apocaliptice recente, iar această provocare va fi tratată în următoarele două capitole.

7. S. Knobler et al., Learning from SARS: Preparing for the Next Disease Outbreak – Workshop Summary (Washington, DC: National Academies Press, 2004); D. Quammen, Ebola: The Natural and Human History of a Deadly Virus (New York: W.W. Norton, 2014).

8. Literatura pe tema riscului este acum enormă, cu multe ramuri specializate: cărţile şi articolele privind gestionarea riscurilor în afaceri sunt deosebit de numeroase, urmate de publicaţiile pe tema pericolelor naturale. Cele mai

importante periodice sunt Risk Analysis, Journal of Risk Research, şi Journal of Risk.

9. Pentru povestea evoluției umane în timpul epocii paleolitice, vezi F.J. Ayala şi C.J. Cela-Cond, Processes in Human Evolution: The Journey from Early Hominins to Neandertals and Modern Humans (New York: Oxford University Press, 2017). Pentru afirmațiile privind eficacitatea dietei „paleolitice”, vezi https://thepaleodiet.com/. Pentru o analiză imparțială a dietei, consultă: Harvard T.H. Chan School of Public Health, „Diet review: paleo diet for weight loss” (accesat 2020), https://www.hsph.harvard.edu/nutritionsource/healthy-weight/diet-reviews/paleo-diet/. Nu sunt deloc puține cărțile care promit nu doar să te transforme în vegetarian, sau chiar în vegan, dar „literalmente să salveze planeta”. Pentru doar două mult popularizate puncte de vedere, vezi J.M. Masson, The Face on Your Plate: The Truth About Food (New York: W.W. Norton, 2010); şi J.S. Foer, We Are the Weather: Saving the Planet Begins at Breakfast (New York: Farrar, Straus and Giroux, 2019).

10. E. Archer et al., „The failure to measure dietary intake engendered a fictional discourse on diet-disease relations”, Frontiers in Nutrition 5 (2019), p. 105. Pentru cel mai extins şi totodată cel mai acuzator schimb de opinii despre studiile moderne privind alimentația, vezi cele patru seturi de comentarii începând cu E. Archer et al., „Controversy and debate: Memory-Based Methods Paper 1: The fatal flaws of food frequency questionnaires and other memory-based dietary assessment methods”, Journal of Clinical Epidemiology 104 (2018), pp. 113-124.

11. Controversa cu implicațiile cele mai profunde a avut în vedere rolul grăsimilor alimentare şi al colesterolului în

bolile cardiace. Pentru afirmațiile originale, vezi American Heart Association, „Dietary guidelines for healthy American adults”, Circulation 94 (1966), pp. 1795-1800; A. Keys, Seven Countries: A Multivariate Analysis of Death and Coronary Heart Disease (Cambridge, MA: Harvard University Press, 1980). Pentru criticile exprimate şi pentru inversarea afirmațiilor anterioare, vezi A.F. La Berge, „How the ideology of low fat conquered America”, Journal of the History of Medicine and Allied Sciences 63/2 (2008), pp. 139-177; R. Chowdhury et al., „Association of dietary, circulating, and supplement fatty acids with coronary risk: a systematic review and meta-analysis”, Annals of Internal Medicine 160/6 (2014), pp. 398-406; R.J. De Souza et al., „Intake of saturated and trans unsaturated fatty acids and risk of all cause mortality, cardiovascular disease, and type 2 diabetes: systematic review and meta-analysis of observational studies”, British Medical Journal (2015); M. Dehghan et al., „Associations of fats and carbohydrate intake with cardiovascular disease and mortality in 18 countries from five continents (PURE): a prospective cohort study”, The Lancet 390/10107 (2017), pp. 2050-2062; American Heart Association, „Dietary cholesterol and cardiovascular risk: A science advisory front the American Heart Association”, Circulation 141 (2020), e39-e53.

12. Speranțele de viață ca o medie pe cinci ani între 1950 şi 2020 sunt disponibile pentru toate țările şi regiunile la: United Nations, World Population Prospects 2019, https://population.un.org/wpp/Download/Standard/Population/.

13. Statistici istorice japoneze detaliate documentează această tendință. Biroul de Statistică al Japoniei, Historical Statistics of Japan (Tokyo: Statistics Bureau, 1996).

14. H. Toshima et al., editori, Lessons for Science from the Seven Countries Study: A 35-Year Collaborative Experience in Cardiovascular Disease Epidemiology (Berlin: Springer, 1994).

15. Pentru mai multe informații privind consumul de zahăr total şi adăugat din SUA şi Japonia, vezi S.A. Bowman et al., Added Sugars Intake of Americans: What We Eat in America, NHANES 2013-2014 (mai 2017); A. Fujiwara et al., „Estimation of starch and sugar intake in a japanese population based on a newly developed food composition database", Nutrients 10 (2018), p. 1474.

16. Printre introducerile bune se numără M. Ashkenazi şi J. Jacob, The Essence of Japanese Cuisine (Philadelphia: University of Philadelphia Press, 2000); K.J. Cwiertka, Modern Japanese Cuisine (London: Reaktion Books, 2006); E.C. Rath şi S. Assmann, editori, Japanese Foodways: Past & Present (Urbana, IL: University of Illinois Press, 2010).

17. Ratele de consum aparent din Spania sunt preluate din: Fundacion Foessa, Estudios sociologies sobre la situation socialde Espana, 1975 (Madrid: Editorial Euramerica, 1976), p. 513; Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentacion, Informe del Consume Alimentario en España 2018 (Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2019).

18. Comparații bazate pe: FAO, „Food Balances" (accesat 2020), http://www.fao.org/faostat/en/#data/FBS.

19. Pentru mortalitatea cauzată de bolile cardiovasculare, vezi F. Serramajem et al., „How could changes in diet explain changes in coronary heart disease mortality in Spain – The Spanish Paradox", American Journal of Clinical Nutrition 61 (1995), S1351-S1359; OECD, Cardiovascular Disease and Diabetes: Policies for Better Health and Quality

of Care (iunie 2015). Pentru speranța de viață, vezi World Population Prospects 2019 (ONU).

20. C. Starr, „Social benefit versus technological risk”, Science 165 (1969), pp. 1232-1238.

21. Potrivit unei evaluari cantitative detaliate privind riscurile, fumul de țigară conține 18 constituenți dăunători şi potențial dăunători: K.M. Marano et al., „Quantitative risk assessment of tobacco products: A potentially useful component of substantial equivalence evaluations”, Regulatory Toxicology and Pharmacology 95 (2018), pp. 371-384.

22. M. Davidson, „Vaccination as a cause of autism – myths and controversies”, Dialogues in Clinical Neuroscience 19/4 (2017), pp. 404-407; J. Goodman şi F. Carmichael, „Coronavirus: Bill Gates «microchip» conspiracy theory and other vaccine claims fact-checked”, BBC News (29 mai 2020).

23. La începutul lui septembrie 2020, două treimi dintre americani au spus că nu îşi vor face vaccinul COVID-19 când va deveni disponibil: S. Elbeshbishi şi F. King, „Exclusive: Two-thirds of Americans say they won’t get COVID-19 vaccine when it’s first available, USA TODAY/Suffolk Poll shows”, USA Today (septembrie 2020).

24. Rapoarte cuprinzătoare privind consecințele asupra sănătății ale celor două dezastre sunt disponibile la: B. Bennett et al., Health Effects of the Chernobyl Accident and Special Health Care Programmes, Report of the UN Chernobyl Forum (Geneva: OMS, 2006); World Health Organization, Health Risk Assessment from the Nuclear Accident after the 2011 Great East Japan Earthquake and

Tsunami Based on a Preliminary Dose Estimation (Geneva: OMS, 2013).

25. World Nuclear Association, „Nuclear power in France" (accesat 2020), https://www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-a-f/france.aspx.

26. C. Joppke, Mobilizing Against Nuclear Energy: A Comparison of Germany and the United States (Berkeley, C A; University of California Press, 1993); Tresantis, Die Anti-Atom-Bewegung: Geschichte und Perspektiven (Berlin: Assoziation A, 2015).

27. Aceste argumente au fost evidențiate în mod repetat de Baruch Fischhoff şi de Paul Slovic: B. Fischhoff et al., „How safe is safe enough? A psychometric study of attitudes towards technological risks and benefits", Policy Sciences 9 (1978), pp. 127-152; B. Fischhoff, „Risk perception and communication unplugged: Twenty years of process", Risk Analysis 15/2 (1995), pp. 137-145; B. Fischhoff şi J. Kadvany, Risk: A Very Short Introduction (New York: Oxford University Press, 2011); P. Slovic, „Perception of risk", Science 236/4799 (1987), pp. 280-285; P. Slovic, The Perception of Risk (London: Earthscan, 2000); P. Slovic, „Risk perception and risk analysis in a hyperpartisan and virtuously violent world", Risk Analysis 40/3 (2020), pp. 2231-2239.

28. Trei dezastre notabile recente indică amploarea tipică a mortalității în timpul accidentelor industriale şi din construcții: deraierea, incendiul şi explozia unui tren care transporta țiței la Lac-Megantic din Quebec (6 iulie 2013) cu 47 de morți; o clădire prăbuşită în Dhaka care a ucis 1 129 de muncitori din industria confecțiilor pe 24 aprilie 2013, şi

ruptura Barajului Brumadinho din Brazilia de pe 25 ianuarie 2019, soldată cu 233 de decese.

29. După o cădere liberă de doar patru secunde într-o configurație cu abdomenul spre pământ, un săritor de pe obiecte fixe parcurge 72 m şi atinge viteza de 120 km/h: „BASE jumping freefall chart”, The Great Book of Base (2010), https://base-book.com/BASEFreefallChart.

30. A.S. Ramirez et al., „Beyond fatalism: Information overload as a mechanism to understand health disparities”, Social Science and Medicine 219 (2018), pp. 11-18.

31. D.R. Kouabenan, „Occupation, driving experience, and risk and accident perception”, Journal of Risk Research 5 (2002), pp. 49-68; B. Keeley et ak, „Functions of health fatalism: Fatalistic talk as face saving, uncertainty management, stress relief and sense making”, Sociology of Health & Illness 31 (2009), pp. 734-747.

32. A. Kayani et al., „Fatalism and its implications for risky road use and receptiveness to safety messages: A qualitative investigation in Pakistan”, Health Education Research 27 (2012), pp. 1043-1054; B. Mahembe şi O.M. Samuel, „Influence of personality and fatalistic belief on taxi driver behaviour”, South African Journal of Psychology 46/3 (2016), pp. 415-426.

33. A. Suarez-Barrientos et ak, „Circadian variations of infarct size in acute myocardial infarction”, Heart 97 (2011), 9706976.

34. World Health Organization, „Falls” (ianuarie 2018), https:// www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/falls.

35. Despre Salmonella, vezi Centers for Disease Control and Prevention, „Salmonella and Eggs”, https://www.cdc.gov/foodsafety/communication/salmonella-and-eggs.html. Despre reziduurile de pesticide din ceai, vezi J. Feng et al., „Monitoring and risk assessment of pesticide residues in tea samples from China”, Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal 21/1 (2015), pp. 169-183.

36. Ultimele statistici ale FBI privind omuciderile şi omorurile prin imprudenţă (pe 100 000 de oameni) sunt de 51 pentru Baltimore, 9,7 pentru Miami şi 6,4 pentru Los Angeles: https://ucr.fhi.gov/crime-in-the-u.s/2018/crime-in-the-u.s.-2018/topic-pages/murder.

37. Cea mai mare rechemare recentă a unor medicamente contaminate provenite din China a inclus şi antihipertensive prescrise pe scară largă: Food and Drug Administration, „FDA updates and press announcements on angiotensin II receptor blocker (ARB) recalls (valsartan, losartan, and irbesartan)” (noiembrie 2019), https://www.fda.gov/drugs/drug-safety-and-availability/fda-updates-and-press-announcements-angiotensin-ii-receptor-blocker-arb-recalls-valsartan-losartan.

38. Office of National Statistics, „Deaths registered in England and Wales: 2019”, https://www.ons.gtw.uk/peoplepopulationandcommunity/birthsdeathsandmarriages/deaths/bulletins/deathsregistrationsummarytables/2019.

39. K.D. Kochanek et al., „Deaths: Final Data for 2017”, National Vital Statistics Reports 68 (2019), pp. 1-75; J. Xu

et al., Mortality in the United States, 2018, NCHS Data Brief No. 355 (ianuarie 2020).

40. Starr, „Social benefit versus technological risk.” Metrica micromorților, introdusă în 1989 de Ronald Howard, a fost folosită în multe materiale publicate de David Spiegelhalter: R.A. Howard, „Microrisks for medical decision analysis”, International Journal of Technology Assessment in Health Care 5/3 (1989), pp. 357-370; M. Blastland şi D. Spiegelhalter, The Norm Chronicles: Stories and Numbers about Danger and Death (New York: Basic Books, 2014).

41. Organizația Națiunilor Unite, World Mortality 2019, https://www.un.org/en/development/desa/population/publications/pdf/mortality/WMR2019/WorldMortality2019DataBooklet.pdf.

42. CDC, „Heart disease facts”, https://www.cdc.gov/heartdisease/facts.htm; D.S. Jones şi J A. Greene, „The decline and rise of coronary heart disease”, Public Health Then and Now 103 (2014), pp. 10207-10218; J.A. Haagsma et al., „The global burden of injury: incidence, mortality, disability-adjusted life years and time trends from the Global Burden of Disease study 2013”, Injury Prevention 22/1 (2015), pp. 3-16.

43. Organizația Mondială a Sănătății, „Falls” (ianuarie 2018), https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/falls.

44. Statistics Canada, „Deaths and mortality rates, by age group” (accesat 2020), https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/en/tv.action?pid=1310071001&pickMemberspercent5Bo percent5D=1.1&pickMemberspercent5B1 percent5D=3.1.

45. L.T. Kohn et al., To Err Is Human: Building a Safer Health System (Washington, DC: National Academies Press, 1999).

46. M. Makary şi M. Daniel, „Medical error – the third leading cause of death in the US”, British Medical Journal 353 (2016), i2139.

47. K.G. Shojania şi M. Dixon-Woods, „Estimating deaths due to medical error: the ongoing controversy and why it matters”, British Medical Journal Quality and Safety 26 (2017), pp. 423-428.

48. J.E. Sunshine et al., „Association of adverse effects of medical treatment with mortality in the United States”, JAMA Network Open 2/1 (2019), 6187041.

49. În 2016, au fost 35,7 milioane de internări în spitalele din SUA, cu o medie de 4,6 zile: W.J. Freeman et al., „Overview of U.S. hospital stays in 2016: Variation by geographic region” (decembrie 2018), https://www.hcup-us.ahrq.gov/reports/statbriefs/sb246-Geographic-Variation-Hospital-Stays.jsp.

50. Bureau of Transportation Statistics, „U.S. Vehicle-miles” (2019), https://www.bts.gov/content/us-vehicle-miles.

51. A.R. Sehgal, „Lifetime risk of death from firearm injuries, drug overdoses, and motor vehicle accidents in the United States”, American Journal of Medicine 133/10 (octombrie 2020), pp. 1162-1167.

52. Clasificări mondiale în materie de sănătate, „Road traffic accidents” (accesat 2020), https://www.worldlifeexpectancy.com/cause-of-death/road-traffk-accidents/by-country/.

53. Misterul zborului 370 al Malaysia Airlines s-ar putea să nu fie rezolvat niciodată: sugestiile şi speculaţiile abundă, dar în acest moment se pare că doar o cheie neaşteptată şi accidentală ar putea să-l dezlege. Ancheta privind cele două prăbuşiri succesive ale aparatelor Boeing 737 MAX (soldate cu 346 de morţi) au scos la lumină practicile dubioase ale companiei în fabricarea proiectului său cel mai bine vândut şi în oferirea de instrucţiuni şi îndrumări pentru operarea lui.

54. Organizaţia Internaţională pentru Aviaţie Civilă, State of Global Aviation Safety (Montreal: ICAO, 2020).

55. K. Soreide et al., „How dangerous is BASE jumping? An analysis of adverse events in 20,850 jumps from the Kjerag Massif, Norway”, Trauma 62/5 (2007), pp. 1113-1117.

56. United States Parachute Association, „Skydiving safety” (accesat 2020), https://uspa.org/Find/FAQs/Safety.

57. US Hang Gliding & Paragliding Association, „Fatalities” (accesat 2020), https: //www. ushpa. org/page/fatalities.

58. National Consortium for the Study of Terrorism and Responses to Terrorism, American Deaths in Terrorist Attacks, 1995-2017 (septembrie 2018).

59. National Consortium for the Study of Terrorism and Responses to Terrorism, Trends in Global Terrorism: Islamic State's Decline in Iraq and Expanding Global Impact; Fewer Mass Casualty Attacks in Western Europe; Number of Attacks in the United States Highest since 1980s (octombrie 2019).

60. Pentru o sinteză reuşită privind pericolele reprezentate de cutremurele de pe Coasta de Vest, vezi R.S. Yeats, Living

with Earthquakes in California (Corvallis, OR: Oregon State University Press, 2001). Pentru consecințele transpacifice ale cutremurelor de pe Coasta de Vest, vezi B.F. Atwater, The Orphan Tsunami of 1700 (Seattle, WA: University of Washington Press, 2005).

61. E. Agee şi L. Taylor, „Historical analysis of U.S. tornado fatalities (1808-2017): Population, science, and technology", Weather, Climate and Society 11 (2019), pp. 355-368.

62. R.J. Samuels, 3.11: Disaster and Change in Japan (Ithaca, NY: Cornell University Press, 2013); V. Santiago-Fandino et al., editori, The 2011 Japan Earthquake and Tsunami: Reconstruction and Restoration, Insights and Assessment after 5 Years (Berlin: Springer, 2018).

63. E.N. Rappaport, „Fatalities in the United States from Atlantic tropical cyclones: New data and interpretation", Bulletin of American Meteorological Society 1014 (martie 2014), pp. 341-346.

64. National Weather Service, „How dangerous is lightning?" (accesat 2020), https://www.weather.gov/safety/lightning-odds; R.L. Holle et al., „Seasonal, monthly, and weekly distributions of NLDN and GLD360 cloud-to-ground lightning", Monthly Weather Review 144 (2016), pp. 2855-2870.

65. Munich Re, Topics. Annual Review: Natural Catastrophes 2002 (Munich: Munich Re, 2003); P. Low, „Tropical cyclones cause highest losses: Natural disasters of 2019 in figures", Munich Re (ianuarie 2020), https://www.munichre.com/topics-online/en/climate-change-and-natural-disasters/natural-disasters/natural-disasters-of-2019-in-figures-tropical-cyclones-cause-highest-losses.html.

66. O. Unsalan et al., „Earliest evidence of a death and injury by a meteorite”, Meteoritics & Planetary Science (2020), pp. 1-9.

67. National Research Council, Near-Earth Object Surveys and Hazard Mitigation Strategies: Interim Report (Washington, DC: NRC, 2009); M.A.R. Khan, „Meteorites”, Nature 136/1030 (1935), p. 607.

68. D. Finkelman, „The dilemma of space debris”, American Scientist 102/1 (2014), pp. 26-33.

69. M. Mobberley, Supernovae and How to Observe Them (New York: Springer, 2007).

70. NASA, „2012: Fear no Supernova” (decembrie 2011), https:// www.nasa.gov/topics/earth/features/2012-supernova.html.

71. NASA, „Asteroid fast facts” (martie 2014), https://www.nasa.gov/mission_pages/asteroids/overview/fastfacts.html; National Research Council, Near-Earth Object Surveys and Hazard Mitigation Strategies; M.B.E. Boslough şi D.A. Crawford, „Low-altitude airbursts and the impact threat”, International Journal of Impact Engineering 35/12 (2008), pp. 1441-1448.

72. US Geological Survey, „What would happen if a «supervolcano» eruption occurred again at Yellowstone?” https://www.usgs.gov/faqs/what-would-happen-if-a-supervolcano-eruption-occurred-again-yellowstone; R.V. Fisher et al., Volcanoes: Crucibles of Change (Princeton, NJ: Princeton University Press, 1997).

73. Space Weather Prediction Center, „Coronal mass ejections”, National Oceanic and Atmospheric

Administration (accesat 2020), https://www.swpc.noaa.gov/phenomena/coronal-mass-ejections.

74. R.R. Britt, „150 years ago: The worst solar storm ever", Space.com (septembrie 2009), https://www.space.com/7224-150-years-worst-solar-storm.html.

75. S. Odenwald, „The day the Sun brought darkness", NASA (martie 2009), https://www.nasa.gov/topics/earth/features/sun_darkness.html.

76. Solar and Heliospheric Observatory, https://sohowww.nascom. nasa.gov/.

77. T. Phillips, „Near miss: The solar superstorm of July 2012", NASA (iulie 2014), https://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2014/23jul_superstorm.

78. P. Riley, „On the probability of occurrence of extreme space weather events", Space Weather 10 (2012), S02012.

79. D. Morina et al., „Probability estimation of a Carrington-like geomagnetic storm", Scientific Reports 9/1 (2019).

80. K. Kirchen et al., „A solar-centric approach to improving estimates of exposure processes for coronal mass ejections", Risk Analysis 40 (2020), pp. 1020-1039.

81. E.D. Kilbourne, „Influenza pandemics of the 20th century", Emerging Infectious Diseases 12/1 (2006), pp. 9-14.

82. C. Viboud et al., „Global mortality impact of the 1957–1959 influenza pandemic", Journal of Infectious Diseases

213/5 (2016), pp. 738-745; CDC, „1968 Pandemic (H3N2 virus)” (accesat 2020), https://www.cdc.gov/flu/pandemic-resources/1968-pandemic.html; J.Y. Wong et al., „Case fatality risk of influenza A(H1N1pdmo9): a systematic review”, Epidemiology 24/6 (2013).

83. World Economic Forum, Global Risks 2015, 10th Edition (Cologny: WEF, 2015).

84. „Advice on the use of masks in the context of COVID-19: Interim guidance”, World Health Organization (2020).

85. J. Paget et al., „Global mortality associated with seasonal influenza epidemics: New burden estimates and predictors from the GLaMOR Project “Journal of Global Health 9/2 (decembrie 2019), 020421.

86. W. Yang et al., „The 1918 influenza pandemic in New York City: Age-specific timing, mortality, and transmission dynamics”, Influenza and Other Respiratory Viruses 8 (2014), pp. 177-188; A. Gagnon et al., „Age-specific mortality during the 1918 influenza pandemic: Unravelling the mystery of high young adult mortality”, PLoS ONE 8/8 (august 2013), 06958; W. Gua et al., „Comorbidity and its impact on 1590 patients with COVID-19 in China: A nationwide analysis”, European Respiratory Journal 55/6 (2020), article 2000547.

87. J.-M. Robine et al., editori, Human Longevity, Individual Life Duration, and the Growth of the Oldest-Old Population (Berlin: Springer, 2007).

88. CDC, „Weekly Updates by Select Demographic and Geographic Characteristics” (accesat 2020), https://www.cdc.gov/nchs/nvss/vsrr/covid_weekly/index.htm#AgeAnd Sex.

89. D.M. Morens et al., „Predominant role of bacterial pneumonia as a cause of death in pandemic influenza: implications for pandemic influenza preparedness”, Journal of Infectious Disease 198/7 (octombrie 2008), pp. 962-970.

90. A. Noymer şi M. Garenne, „The 1918 influenza epidemic’s effects on sex differentials in mortality in the United States”, Population and Development Review 26/3 (2000), pp. 565-581.

91. Pentru o sinteză reuşită privind pericolele reprezentate de cutremurele de pe Coasta de Vest, vezi R.S. Yeats, Living with Earthquakes in California (Corvallis, OR: Oregon State University Press, 2001). Pentru consecințele transpacifice ale cutremurelor de pe Coasta de Vest, vezi B.F. Atwater, The Orphan Tsunami of 1700 (Seattle, WA: University of Washington Press, 2005).

92. P. Gilbert, The A-Z Reference Book of Syndromes and Inherited Disorders (Berlin: Springer, 1996).

93. Japonia, cu populația ei concentrată în zonele de câmpie care constituie doar circa 15% din suprafața acestei țări muntoase, şi cu riscul permanent al unor cutremure puternice, erupții vulcanice şi tsunamiuri distructive, este un exemplu foarte ilustrativ al acestei realități – aşa cum sunt, din motive similare sau diferite, locuri dens populate, cum ar fi Java sau regiunea de coastă a Bangladeshului.

94. Mult mai multe informații despre aceste subiecte pot fi găsite în publicații mult mai recente, printre care O. Renn, Risk Governance: Towards an Integrative Approach (Geneva: International Risk Governance Council, 2006); G. Gigerenzer, Risk Savvy: How to Make Good Decisions (New York: Penguin Random House, 2015).

95. V. Janssen, „When polio triggered fear and panic among parents in the 1950s”, History (martie 2020), https://www.history.com/news/polio-fear-post-wwii-era.

96. În 1958, PIB-ul SUA a crescut cu peste 5% peste cel din 1957, iar în 1969 creşterea a fost de peste 7%. Fred Economic Data (accesat 2020), https://fred.stlouisfed.org/series/GDP.

97. The Museum of Flight, „Boeing 747-121” (accesat 2020), https://www.museumofflight.org/aircraft/boeing-747-121.

98. Y. Tsuji et al., „Tsunami heights along the Pacific Coast of Northern Honshu recorded from the 2011 Tohoku and previous great earthquakes”, Pure and Applied Geophysics 171 (20[4), pp. 3183-3215.

99. În noiembrie 2004, Osama bin Laden le-a explicat cetăţenilor americani că a ales acel atac cu scopul de a face „America să sângereze până în pragul falimentului”, şi cum acest lucru a fost ajutat de „Casa Albă care cere deschiderea de fronturi de război”. O transcriere completă a discursului se găseşte la: https://www.aljazeera.com/archive/2004/11/200849163336457223.html. El a mai citat estimarea Institutului Regal pentru Probleme Internaţionale potrivit căreia susţinerea atacurilor nu costă mai mult de 500 000 de dolari, în vreme ce doar în 2018 costurile războaielor purtate de America în Irak, Afganistan, Pakistan şi Siria s-a ridicat la circa 5,9 bilioane de dolari, iar costurile viitoare (dobânzile pentru banii împrumutaţi, îngrijirea veteranilor de război) ar putea împinge această sumă la valoarea de 8 bilioane de dolari în următorii 40 de ani: Watson Institute, „Costs of War” (2018), https://watson.brown.edu/costsofwar/papers/summary.

100. C.R. Sunstein, „Terrorism and probability neglect", Journal of Risk and Uncertainty 26 (2003), pp. 121-136.

101. Federal Bureau of Investigation, „Crime in the U.S." (accesat 2020), https://ucr.fbi.gov/crime-in-the-u.s.

102. E. Miller şi N. Jensen, American Deaths in Terrorist Attacks, 1995-2017 (septembrie 2018), https://www.start.umd.edu/pubs/START_AmericanTerrorismDeaths_FactSheet_Sept2018.pdf.

103. A.R. Sehgal, „Lifetime risk of death from firearm injuries, drug overdoses, and motor vehicle accidents in the United States", American Journal of Medicine 133/10 (mai 2020), pp. 1162-1167.

6. Să înţelegem mediul înconjurător: Singura biosferă pe care o avem

1. Pentru cea mai halucinantă versiune a acestor viziuni, vezi https:// www.spacex.com/mars. Şi-au impus următoarele etape de referinţă: Prima misiune spre Marte în 2022; obiectivele sale modeste sunt „să confirme existenţa unor resurse de apă, să identifice pericolele şi să instaleze elementele iniţiale ale infrastructurii pentru energie, minerit şi susţinerea vieţii". A doua misiune, în 2024, va construi un depozit de carburanţi, va pregăti terenul pentru viitoarele zboruri cu echipaj şi „va servi ca un început pentru prima bază marţiană, pornind de la care vom putea construi un oraş prosper şi în cele din urmă o civilizaţie autoîntreţinută pe Marte". Cei care savurează genul acesta de fantezii, ar putea să citească şi K.M. Cannon şi D.T. Britt, „Feeding one

million people on Mars”, New Space 7/4 (decembrie 2019), pp. 245-254.

2. B.M. Jakosky şi C.S. Edwards, „Inventory of CO, available for terraforming Mars”, Nature Astronomy 2 (2018), pp. 634-639.

3. Acest lucru a fost discutat cu ocazia unui webinar găzduit de Academia de Ştiințe din New York în mai 2020, când un genetician de la Universitatea Cornell chiar a spus: „Poate că avem datoria etică să procedăm astfel?”: „Alienating Mars: Challenges of Space Colonization”, https://www.nyas.org/events/2020/webinar-alienating-mars-challenges-of-space-colonization. În mod remarcabil, această viziune a unor oameni înzestrați cu o reziliență genetică asemănătoare tardigradelor a fost discutată, aparent cu toată seriozitatea, într-o perioadă în care în New York se înregistrau zilnic peste 500 de decese cauzate de COVID-19 şi când spitalele sufereau de penuria permanentă de echipamente de protecție, fiind forțate să reutilizeze măştile şi mănuşile. Şi Defense Advanced Research Project Agency a cheltuit bani pentru această idee: J. Koehler, „DARPA: We Are Engineering the Organism that will Terraform Mars”, VICE Motherboard (iunie 2015), https://www.vice.com/en_us/article/ae3pee/darpa-we-are-engineering-the-organisms-that-will-terraform-mars.

4. J. Rockstrom et al., „A safe operating space lor humanity”, Nature 461 (2009), pp. 472-475.

5. Pentru o listă completă a recordurilor pentru toate categoriile de scufundări libere sau apnee statică, vezi https://www.guinnessworldrecords.com/:search?term=free diving.

6. Capacitatea respiratorie medie (aerul inspirat în plămâni) este de 500 ml la bărbați şi 400 ml la femei: S. Hallett şi J.V. Ashurst, „Physiology, tidal volume" (iunie 2020), https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK482502/. Dacă luăm ca valori medii 450 ml şi 16 inhalări pe minut, asta înseamnă 7,2 litri de aer pe minut. Oxigenul alcătuieşte 21% din atmosferă şi, prin urmare, în fiecare minut se inhalează cam 1,5 litri de oxigen, dar numai circa 23% din acel volum este absorbit de plămâni (restul fiind expirat), astfel că volumul efectiv de oxigen pur consumat este de circa 350 ml pe minut – adică, 500 l sau (la o densitate de 1,429 g/l) circa 700 grame pe zi. Efortul fizic creşte necesarul şi, cu o creştere de doar 30% pentru un consum de oxigen mai mare în timpul activităților zilnice, ajungem la circa 900 g pe zi. Pentru aporturile maxime de oxigen, vezi G. Ferretti, „Maximal oxygen consumption in healthy humans: Theories and facts", European Journal of Applied Physiology 114 (2014), pp. 2007-2036.

7. A.P. Gumsley et al., „Timing and tempo of the Great Oxidation Event", Proceedings of the National Academy of Sciences 114 (2017), pp. 1811 iSr6.

8. X R.A. Berner, „Atmospheric oxygen over Phanerozoic time", Proceedings of the National Academy of Sciences 96 (1999), pp. 10955-10957.

9. Pentru conținutul de carbon al vegetației terestre, vezi V. Smil, Harvesting the Biosphere (Cambridge, MA: MIT Press, 2013), pp. 161-165. Calculul presupune o oxidare completă a întregii cantități de carbon.

10. https://twitter.com/EmmanuelMacron/status/1164617008962527232.

11. S.A. Loer et al., „How much oxygen does the human lung consume?” Anesthesiology 86 (1997), pp. 532-537.

12. Smil, Harvesting the Biosphere, pp. 31-36.

13. J. Huang et al., „The global oxygen budget and its future projection”, Science Bulletin 63/18 (2018), pp. 1180-1186.

14. Există, desigur, multe alte motive reale – de la pierderea biodiversității la schimbările în capacitatea de retenție a apei – ca să fim îngrijorați de incendierea deliberată şi la scară mare a vegetației tropicale sau de incendiile naturale în pădurile lovite de secetă.

15. Pentru ultimele studii privind rezervele şi utilizarea apei la nivel mondial, vezi A.K. Biswas et al., editori, Assessing Global Water Megatrends (Singapore: Springer Nature, 2018).

16. Institute of Medicine, Dietary Reference Intakes for Water, Potassium , Sodium, Chloride, and Sulfate (Washington, DC: National Academies Press, 2005).

17. Între țările cele mai populate ale lumii, cota parte a consumului de apă dulce în agricultură este de 90% în India, 80% în Indonezia şi 65% în China, dar numai circa 35% în SUA: World Bank, „Annual freshwater withdrawals, agriculture (percent of total freshwater withdrawal)” (accesat 2020), https://data.worldbank.org/indicator/er.h2o.fwag.zs?end= 2016&start= 1965 &view=chart.

18. Water Footprint Network, „What is a water footprint?” (accesat 2020), https://waterfootprint.org/en/water-footprint/what-is-water-footprint/.

19. M.M. Mekonnen şi Y.A. Hoekstra, National Water Footprint Accounts: The Green, Blue and Grey Water Footprint of Production and Consumption (Delft: UNESCO-IIIE Institute for Water Education, 2011).

20. N. Joseph et al., „A review of the assessment of sustainable water usage at continental-to-global scale”, Sustainable Water Resources Management 6 (2020), p. 18.

21. S.N. Gosling şi N.W. Arnell, „A global assessment of the impact of climate change on water scarcity”, Climatic Change 134 (2016), pp. 371–385.

22. Smil, Growth, pp. 386-388.

23. Pentru tendințele pe termen lung ale diferitelor categorii de utilizare a terenurilor agricole, vezi FAO, „Land use”, http://www.fao.0rg/faostatA:n/#data/RL. Un studiu american a stabilit 2009 ca anul de vârf al terenurilor agricole la nivel mondial, după care a urmat un declin lent, dar stabil. J. Ausubel et al., „Peak farmland and the prospect for land sparing”, Population and Development Review 38, Supplement (2012), pp. 221-242. În realitate, datele FAO arată că între 2009 şi 2017 a avut loc o creştere cu încă 4%.

24. X. Chen et al., „Producing more grain with lower environmental costs”, Nature 514/7523 (20(4), pp. 486-488; Z. Cui et al., „Pursuing sustainable productivity with millions of smallholder farmers”, Nature 555/7696 (2018), pp. 363-366.

25. Producția mondială de amoniac conținea 160 Mt de azot în 2019, din care circa 120 erau destinate îngrăşămintelor: FAO, World Fertilizer Trends and Outlook to 2022 (Rome: FAO, 2019). Capacitatea de producție (care a depăşit deja

180 Mt) se estimează că va creşte cu aproape 20% până în 2026, în jur de 100 de noi fabrici fiind planificate şi anunțate în special în Asia şi Orientul Mijlociu: Hydrocarbons Technology, „Asia and Middle East lead globally on ammonia capacity additions” (2018), https://www.hydrocarbons-technology.com/comment/global-ammonia-capacity/.

26. US Geological Survey, „Potash” (2020), https://pubs.usgs.gov/ periodicals/mcs2020/mcs2020-potash.pdf.

27. J. Grantham, „Be persuasive. Be brave. Be arrested (if necessary)”, Nature 491 (2012), p. 303.

28. S.J. Van Kauwenbergh, World Phosphate Rock Reserves and Resources (Muscle Shoals, AL: IFDC, 2010).

29. US Geological Survey, Mineral Commodity Summaries 2012, p. 123.

30. International Fertilizer Industry Association, „Phosphorus and «Peak Phosphate»” g

(2013). See also M. Heckenmiiller et al., Global Availability of Phosphorus and Its Implications for Global Food Supply: An Economic (Overview (Kiel: Kiel Institute for the World Economy, 2014).

31. V. Smil, „Phosphorus in the environment: Natural flows and human interferences”, Annual Review of Energy and the Environment 25 (2000), pp. 53-88; US Geological Survey, „Phosphate rock”, https://pubs.usgs.gov/peri0dicals/mcs2020/mcs2020-ph0sphate.pdf.

32. M.F. Chislock et al., „Eutrophication: Causes, consequences, and controls in aquatic ecosystems”, Nature Education Knowledge 4/4 (2013), p. 10.

33. J. Bunce et al., „A review of phosphorus removal technologies and their applicability to small-scale domestic wastewater treatment systems”, Frontiers in Environmental Science 6 (2018), p. 8.

34. D. Breitburg et al., „Declining oxygen in the global ocean and coastal waters”, Science 359/6371 (2018).

35. R. Lindsey, „Climate and Earth's energy budget”, NASA (ianuarie 2009), https://earthobservatory.nasa.gov/features/EnergyBalance.

36. W.F. Ruddiman, Plows, Plagues & Petroleum: How Humans Took Control of Climate (Princeton, NJ: Princeton University Press, 2005).

37. 2° Institute, „Global CO2 levels” (accesat 2020), https://www.co2levels.org/.

38. 2° Institute, „Global CH4 levels” (accesat 2020), https://www.methanelevels.org/.

39. Potențialele de încălzire globală (CO2=1) sunt de 28 pentru metan, 263 pentru dioxidul de azot, între 5 660 şi 13 900 pentru diferitele clorofluorocarburi şi de 23 900 pentru hexafluorura de sulf: Global Warming Potential Values, https://www.ghgprotocol.org/sites/default/files/ghgp/Global-Warming-Potential-Values%20%28Feb%2016%202016%29_1.pdf.

40. IPCC, Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth

Asses-sment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Geneva: IPCC, 2014).

41. J. Fourier, „Remarques générales sur les temperatures du globe terrestre et des espaces planetaires”, Annales de Chimie et de Physique 27 (1824), pp. 136-167; E. Foote, „Circumstances affecting the heat of the sun’s rays”, American Journal of Science and Arts 31 (1856), pp. 382-383. Concluzia clară a lui Foote: „Efectul cel mai puternic al razelor soarelui l-am găsit în gazul acid carbonic... O atmosferă alcătuită din acel gaz ar fi conferit planetei noastre o temperatură ridicată; iar dacă, aşa cum a presupus cineva, într-o perioadă a istoriei sale aerul s-ar fi amestecat cu el într-o proporție mai mare decât cea din prezent, o temperatură crescută ca urmare a propriei sale acțiuni, precum şi din creşterea greutății trebuie să fi rezultat neapărat”.

42. J. Tyndall, „The Bakerian Lecture”, Philosophical Transactions 151 (1861), pp. 1-37 (citat la p. 28).

43. S. Arrhenius, „On the influence of carbonic acid in the air upon the temperature of the ground”, Philosophical Magazine and Journal of Science, 5/41 (1896), pp. 237-276.

44. K. Ecochard, „What’s causing the poles to warm faster than the rest of the Earth?” NASA (aprilie 2011), https://www.nasa.gov/topics/earth/features/warrningpoles.html.

45. D.T.C. Cox et al., „Global variation in diurnal asymmetry in temperature, cloud cover, specific humidity and precipitation and its association with leaf area index”, Global Change Biology (2020).

46. S. Arrhenius, Worlds in the Making (New York: Harper & Brothers, 1908), p. 53.

47. R. Revelle şi H.E. Suess, „Carbon dioxide exchange between atmosphere and ocean and the question of an increase of atmospheric CO_2 during the past decades”, Tellus 9 (1957), pp. 18-27.

48. Global Monitoring Laboratory, „Monthly average Mauna Loa CO/’ (accesat 2020), https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/.

49. J. Charney et al., Carbon Dioxide and Climate: A Scientific Assessment (Washington, DC: National Research Council, 1979).

50. N.L. Bindoff et al., „Detection and Attribution of Climate Change: from Global to Regional”, în T.F. Stocker et al., editori, Climate Change 2013: 'The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Cambridge: Cambridge University Press, 2013).

51. S.C. Sherwood et al., „An assessment of Earth’s climate sensitivity using multiple lines of evidence”, Reviews of Geophysics 58/4 (decembrie 2020).

52. Trecerea de la cărbune la gaze naturale s-a făcut remarcabil de repede în SUA: în 2011, 44% din toată electricitatea era generată în centrale cu cărbune; până în 2020, acea cotă parte a scăzut la doar 20%; în acelaşi timp, generarea prin arderea gazului a crescut de la 23% la 39%: US EIA, Short-Term Energy Outlook (2021).

53. În 2014, media globală a forțării antropogene raportată la 1850 a fost de 1,97 W/m2, din care 1,80 W/m2 din

partea CO_2, 1,07 W/m2 din partea altor gaze cu efect de seră bine mixate, –1,04 W/m2 de la aerosoli şi –0,08 W/m2 de la schimbările de utilizare a terenurilor: C.J. Smith et al., „Effective radiative forcing and adjustments in CMIP6 models”, Atmospheric Chemistry and Physics 20/16 (2020).

54. National Centers for Environmental Information, „More nearrecord warm years are likely on the horizon” (februarie 2020), https://www.ncei.noaa.gov/news/projected-ranks; NOAA, Global Climate Report – Annual 2019, https://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/201913.

55. Pentru cireşele din Kyoto, vezi: R.B. Primack et al., „The impact of climate change on cherry trees and other species in Japan”, Biological Conservation 142 (2009), pp. 1943-1949. Pentru producţiile de vinuri din Franţa, vezi Ministère de la Transition Écologique, „Impacts du changement climatique: Agriculture et Fôret” (2020), https://www.ecologie.gouv.fr/impacts-du-changement-climatique-agriculture-et-foret. Pentru topirea gheţarilor de pe munţi şi consecinţele acestui fenomen, vezi A.M. Milner et al., „Glacier shrinkage driving global changes in downstream systems”, Proceedings of the National Academy of Sciences (2017), www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1619807114.

56. În 2019, arderea combustibililor fosili a eliberat în atmosferă aproape 37 Gt de CO_2, a cărui generare a necesitat o cantitate foarte apropiată de 27 Gt de oxigen: Global Carbon Project, The Global Carbon Budget 2019.

57. J. Huang et al., „The global oxygen budget and its future projection”, Science Bulletin 63 (2018), pp. 1180–1186.

58. Aceste măsurători complexe au început în 1989: Carbon Dioxide Information and Analysis Center, „Modern Records

of Atmospheric Oxygen (O2) from Scripps Institution of Oceanography" (2014), https://cdiac.ess-dive.lbl.gov/trends/oxygen/modern_records.html.

59. Rezervele de combustibili fosili pentru 2019 sunt listate în British Petroleum, Statistical Review of World Energy.

60. L.B. Scheinfeldt şi S.A. Tishkoff, „Living the high life: high-altitude adaptation", Genome Biology 11/133 (2010), pp. 1-3.

61. S.J. Murray et al., „Future global water resources with respect to climate change and water withdrawals as estimated by a dynamic global vegetation model", Journal of Hydrology (2012), pp. 448-449; A.G. Koutroulis şi L.V. Papadimitriou, „Global water availability under high-end climate change: A vulnerability based assessment", Global and Planetary Change 175 (2019), pp. 52-63.

62. P. Greve et al., „Global assessment of water challenges under uncertainty in water scarcity projections", Nature Sustainability 1/9 (2018), pp. 486-494.

63. C.A. Dieter et al., Estimated Use of Water in the United States in 2015 (Washington, DC: US Geological Survey, 2018).

64. P.S. Gob et al., Desalination Technology and Advancement (Oxford: Oxford Research Encyclopedias, 2019).

65. A. Fletcher et al., „A low-cost method to rapidly and accurately screen for transpiration efficiency in wheat", Plant Methods 14 (2018), article 77. Un randament de transpirație al întregii plante de 4,5 g/Kg înseamnă că 1 kg de biomasă necesită 222 kg de apă transpirată, iar întrucât

cerealele reprezintă cam jumătate din totalul biomasei de la suprafața solului, raportul se dublează la aproape 450 kg.

66. Y. Markonis et al., „Assessment of water cycle intensification over land using a multisource global gridded precipitation dataset", Journal of Geophysical Research: Atmospheres 124/21 (2019), pp. 11175-11187.

67. S.J. Murray et al., „Future global water resources with respect to climate change and water withdrawals as estimated by a dynamic global vegetation model."

68. Y. Fan et al., „Comparative evaluation of crop water use efficiency, economic analysis and net household profit simulation in arid Northwest China", Agricultural Water Management 146 (2014), pp. 335-345; J.L. Hatfield şi C. Dold, „Water-use efficiency: Advances and challenges in a changing climate", Frontiers in Plant Science 10 (2019), p. 103; D. Deryng et al., „Regional disparities in the beneficial effects of rising CO2 concentrations on crop water productivity", Nature Climate Change 6 (2016), pp. 786-790.

69. IPCC, Climate Change and Land (Geneva: IPCC, 2020), https://www.ipcc.ch/srccl/; P. Smith et al., „Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU)", în IPCC, Climate Change 2014.

70. Smil, Should We Eat Meat?, pp. 203-210.

71. D. Gerten et al., „Feeding ten billion people is possible within four terrestrial planetary boundaries", Nature Sustainability 3 (2020), pp. 200-208; vezi also FAO, The Future Food and Agriculture: Alternative Pathways to 2050 (Roma: FAO, 2018), http://www.fao.org/3/I8429EN/i8429en.pdf.

72. Am scris următoarele: „Adăugând intervalul mediu şi pe cel mai mare [dintre pandemiile succesive] la 1968, obținem un interval cuprins între 1996 şi 2021. Probabilistic vorbind, ne aflăm în interiorul unei zone de mare risc. În consecință, probabilitatea unei alte pandemii de gripă în următorii 50 de ani este, practic, de 100%": V. Smil, Global Catastrophes and Trends (Cambridge, M A: MIT Press, 2008), p. 46. Şi am avut două pandemii în intervalul indicat: H1N1 în 2009, chiar anul în care a fost publicată cartea, şi SARS-Cov-2 în 2020.

73. Actualizările statistice zilnice la nivel mondial au fost furnizate de Johns Hopkins la https://coronavirus.jhu.edu/map.html şi de Worldometer la https://www.worldometers.info/coronavirus/. Va trebui să aşteptăm, cel puțin timp de doi ani, pentru o istorie cu adevărat cuprinzătoare a pandemiei.

74. U. Desideri şi F. Asdrubali, Handbook of Energy Efficiency in Buildings (London: Butterworth-Heinemann, 2015).

75. Natural Resource Canada, High Performance Housing Guide for Southern Manitoba (Ottawa: Natural Resources Canada, 2016).

76. L. Cozzi şi A. Petropoulos, „Growing preference for SUVs challenges emissions reductions in passenger car market", IEA (octombrie 2019), https://www.iea.org/commentaries/growing preference-for-suvs-challenges-emissions-reductions-in-passenger-car-market.

77. J.G.J. Olivier şi J.A.H.W. Peters, Trends in Global CO, and Total Greenhouse Gas Emissions (Haga: PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, 2019).

78. United Nations, „Conference of the Parties (COP), https://unfccc.int/process/bodies/supreme-bodies/conference-of-the-parties-cop.

79. N. Stockton, „The Paris climate talks will emit 300,000 tons of CO2, by our math. Hope it's worth it", Wired (noiembrie 2015).

80. United Nations, Report of the Conference of the Parties on its twenty-first session, held in Paris from 30 November to 13 December 2015 (ianuarie 2016), https://unfccc.int/sites/default/files/resource/docs/2015/cop21/eng/10a01.pdf.

81. Pentru viitorul instalațiilor de aer condiționat, vezi International Energy Agency, The Future Cooling (Paris: IEA, 20j8).

82. Olivier şi Peters, Trends in Global CO2 and Total Greenhouse Gas Emissions 2019 Report.

83. T. Mauritsen şi R. Pincus, „Committed warming inferred from observations", Nature Climate Change 7 (2017), pp. 652-655.

84. C. Zhou et al., „Greater committed warming after accounting for the pattern effect", Nature Climate Change 11 (2021), pp. 132-136.

85. IPCC, Global warming of 1.5°C (Geneva: IPCC, 2018), https://www.ipcc.ch/sr15/.

86. A. Grubler et al., „A low energy demand scenario for meeting the 1.5°C target and sustainable development goals without negative emission technologies", Nature Energy 526 (2020), pp. 515-527.

87. European Environment Agency, „Size of the vehicle fleet in Europe” (2019), https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/size-of-the-vehicle-fleet/size-of-the-vehicle-fleet-10; pentru 1990, vezi https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/access-to-transport-services/vehicle-ownership-term-2001.

88. National Bureau of Statistics, China Statistical Yearbook, 1999-2019, http://www.stats.gov.cn/english/Statisticaldata/Annual Data/.

89. SEI, USD, ODI, E3G şi UNEP, 'The Production Gap Report: 2020 Special Report, http://productiongap.org/2020report.

90. E. Larson et al., Net-Zero America: Potential Pathways, Infrastructure, and Impacts (Princeton, NJ: Princeton University, 2020).

91. C. Helman, „Nimby nation: The high cost to America of saying no to everything”, Forbes (august 2015).

92. Camera Reprezentanților, „Resolution Recognizing the duty of the Federal Government to create a Green New Deal” (2019), https://www.congress.gov/bill/116th-congress/house-resolution/109/text; M.Z. Jacobson et al., „Impacts of Green New Deal energy plans on grid stability, costs, jobs, health, and climate in 143 countries”, One Earth 1 (2019), pp. 449-463.

93. T. Dickinson, „The Green New Deal is cheap, actually”, Rolling Stone (6 aprilie 2020); J. Cassidy, „The good news about a Green New Deal”, New Yorker (4 martie 2019); N. Chomsky şi R. Pollin, Climate Crisis and the Global Green New Deal: The Political Economy of Saving the Planet (New

York: Verso, 2020); J. Rifkin, The Green New Deal: Why the Fossil Fuel Civilization Will Collapse by 2028, and the Bold Economic Plan to Save Life on Earth (New York: St. Martin’s Press, 2019).

94. Dacă vrei să te alături ramurii celei mai explicite a acestei mişcări – cu scopul de a mobiliza „3,5% din populație pentru a obține schimbarea sistemului” (rebeliune până la virgula zecimală!) – vizitează: Extinction Rebellion, „Welcome to the rebellion”, https://rebellion.earth/the-truth/about-us/. Pentru instrucțiuni scrise, vezi Extinction Rebellion, This Is Not a Drill: An Extinction Rebellion Handbook (London: Penguin, 2019).

95. P. Brimblecombe et al., Acid Rain – Deposition to Recovery (Berlin: Springer, 2007).

96. S.A. Abbasi şi T. Abbasi, Ozone Hole: Past, Present, Future (Berlin: Springer, 2017).

97. J. Liu et al., „China’s changing landscape during the 1990s: Large-scale land transformation estimated with satellite data”, Geophysical Research Letters 32/2 (2005), L02405.

98. M.G. Burgess et al., „IPCC baseline scenarios have overprojected CO2, emissions and economic growth”, Environmental Research Letters 16 (2021), 014016.

99. H. Wood, „Green energy meets people power”, 'The Economist (2020), https://worldin.economist.com/article/17505/edition2020get-ready-renewable-energy-revolution.

100. Z. Hausfather et al., „Evaluating the performance of past climate model projections", Geophysical Research Letters 47 (2019), e2019 GL085378.

101. Smil, „History and risk."

102. Totalurile mondiale şi naţionale, zilnice şi cumulative de la Johns Hopkins la https://coronavirus.jhu.edu/map.htrnl sau de la Worldometer la https://www.worldometers.info/coronavirus/.

103. Sursele pentru datele din acest paragraf şi din următorul sunt după cum urmează. Pentru rata PIB, vezi Banca Mondială, „GDP per capita (dolari americani la valoarea curentă)" (accesat 2020), https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.CD. Pentru statistici chinezeşti, vezi Biroul Naţional de Statistică, China Statistical Yearbook, 1999-2019. Pentru emisiile naţionale de CO2, vezi Olivier şi Peters, Trends in Global CO, and Total Greenhouse Gas Emissions 2019 Report.

104. Între 2020 şi 2050, prognoza medie a ONU în privinţa populaţiei proiectează că 99,6% din creşterea totală va avea loc în ţările mai puţin dezvoltate şi circa 53% din totalul creşterii va fi în Africa sub-sahariană: United Nations, World Population Prospects: The 2019 Revision (New York: UN, 2019). Despre blocajul generării electricităţii în Africa, vezi G. Alova et al., „A machine-learning approach to predicting Africa's electricity mix based on planned power plants and their chances of success", Nature Energy 6/2 (2021).

105. Y. Pan et al., „Large and persistent carbon sink in the world's forests", Science 333 (2011), pp. 988-993; C. Che et al., „China and India lead in greening of the world through

land-use management”, Nature Sustainability 2 (2019), pp. 122-129. Vezi şi J. Wang et al., „Large Chinese land carbon sink estimated from atmospheric carbon dioxide data”, Nature 586/7831 (2020), pp. 720-723.

106. N.G. Dowell et al., „Pervasive shifts in forest dynamics in a changing world”, Science 368 (2020); R.J.W. Brienen et al., „Forest carbon sink neutralized by pervasive growth-lifespan trade-offs”, Nature Communications 11 (2020), article 4241.1234567890.

107. P.E. Kauppi et al., „Changing stock of biomass carbon in a boreal forest over 93 years”, Forest Ecology and Management 259 (2010), pp. 1239-1244; H.M. Henttonen et al., „Size-class structure of the forests of Finland during 1921–2013: A recovery from centuries of exploitation, guided by forest policies”, European Journal of Forest Research 139 (2019), pp. 279-293.

108. P. Roy şi J. Connell, „Climatic change and the future of atoll states”, Journal of Coastal Research 7 (1991), pp. 1057–1075; R.J. Nicholls şi A. Cazenave, „Sea-level rise and its impact on coastal zones”, Science 328/5985 (2010), pp. 1517–1520.

109. P.S. Kench et al., „Patterns of island change and persistence offer alternate adaptation pathways for atoll nations”, Nature Communications 9 (2018), article 605.

110. Acesta a fost titlul unui capitol prin care Amory Lovins a contribuit la o carte despre mediul încojurător global: A. Lovins, „Abating global warming for fun and profit”, în K. Takeuchi şi M. Yoshino, editori, The Global Environment (New York: Springer-Verlag, 1991), pp. 214-229. Pentru cititorii mai tineri: Lovins şi-a dobândit faima cu un articol din 1976 în care descria calea energetică „soft” (regenerabile

la scară mică) pentru SUA: A. Lovins, „Energy strategy: The road not taken”, Foreign Affairs 55/1 (1976), pp. 65-96. Potrivit viziunii sale, în anul 2000 Statele Unite urma să obțină echivalentul energetic a circa 750 milioane de tone de țiței din aceste tehnici soft. Dacă scădem hidrogenerarea convențională la scară mare (care nu e nici mică, nici soft), regenerabilele au contribuit cu echivalentul a doar puțin peste 75 milioane de tone de țiței, astfel că Lovins şi-a ratat ținta cu 90% în 24 de ani, o prognoză care a anunțat decenii de afirmații „verzi” la fel de nerealiste.

7. Să înţelegem viitorul: Între apocalipsă şi singularitate

1. Cărțile despre apocalipticism şi profeții, imaginație şi interpretări apocaliptice sunt foarte numeroase, dar nu îmi voi lua libertatea să fac vreo recomandare cu privire la acest gen anume de scrieri ficționale.

2. E mai simplu să-ți imaginezi că inteligența artificială va depăşi capabilitățile umane, decât să-ți imaginezi o rată instantanee a schimbării de natură fizică ce ar fi impusă de ajungerea la Singularitate.

3. R. Kurzweil, „The law of accelerating returns” (2001), https://www.kurzweilai.net/the-law-of-accelerating-returns. Vezi şi cartea lui The Singularity Is Near (New York: Penguin, 2005). Sosirea din 2045 este prezisă în https://www.kurzweilai.net/. Înainte de a ajunge acolo, „în anii 2020, majoritatea bolilor va dispărea deoarece nanoboții devin mai deştepți decât tehnologia medicală actuală. Hrănirea normală umană poate fi înlocuită cu nanosisteme”.

Vezi P. Diamandis, „Ray Kurzweil's mind-boggling predictions for the next 25 years", Singularity Hub (ianuarie 2015), https://singularityhub.com/2015/01/26/ray-kurzweils-mind-boggling-predictions-for-the-next-25-years/. Evident, dacă această previziune s-ar materializa, în doar câțiva ani nimeni nu va mai trebui să scrie cărți despre agricultură, alimentație, sănătate şi medicină sau despre cum funcționează lumea cu adevărat: nanoboții se vor îngriji de toate!

4. Julian Simon de la Universitatea din Maryland a fost unul dintre cei mai influenți cornucopieni din ultimele două decenii ale secolului XX. Operele sale cel mai des citate sunt: The Ultimate Resource (Princeton, NJ: Princeton University Press, 1981) şi J.L. Simon şi H. Kahn, The Resourceful Earth (Oxford: Basil Blackwell, 1984).

5. Automobile electrice: Bloomberg NEF, Electric Vehicle Outlook 2019, https://about.bnef.com/electric-vehicle-outlook/#toc-download. Carbonul în UE: EU, „2050 long-term strategy", https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2050_en. Informații globale în 2025: D. Reinsel et al., The Digitization of the World From Edge to Core (noiembrie 2018), https://www.seagate.com/files/www-content/our-story/trends/files/idc-seagate-dataage-whitepaper.pdf. Zborurile la nivel planetar în 2037: „LATA Forecast Predicts 8.2 billion Air Travelers in 2037" (octombrie 2018), https://www.iata.org/en/pressroom/pr/2018-10-24-02/.

6. Vezi traiectoriile fertilităților naționale pe termen lung la World Bank's Data Bank: https://data.worldbank.org/indicator/SP.DYN.TFRT.IN.

7. Organizația Națiunilor Unite, World Population Prospects 2019,
https://population.un.org/wpp/Download/Standard/Population/

8. Vehiculele electrice au atras o atenție enormă, precum şi extrem de multe aşteptări mult exagerate în al doilea deceniu al secolului XXI. În 2017, se putea citi chiar aşa ceva în Financial Post: „Toate vehiculele cu combustibili fosili vor dispărea în 8 ani într-o dublă «spirală a morții» pentru industria producătoare de petrol şi industria auto, spune un studiu care şochează întreaga industrie". Ceea ce trebuia să fie şocant a fost lipsa totală de înțelegere tehnică ce a dus la această afirmație ridicolă. Când avem circa 1,2 miliarde de maşini cu combustie internă pe şosele la începutul anilor 2020, ar fi cu adevărat un act de dispariție spectaculoasă pentru următorii cinci ani!

9. Nici acum nu este foarte clar când se va atinge o paritate de cost pentru întreaga durată de funcționare între vehiculele cu baterii electrice şi cele convenționale, dar chiar dacă se va ajunge la această situație, unii cumpărători s-ar putea să aprecieze mai mult costul plătit la achiziție decât orice economii viitoare: MIT Energy Initiative, Insights into Future Mobility (Cambridge, MA: MIT Energy Initiative, 2019), http://energy.mit.edu/insightsintofuturemobility.

10. Pentru vânzări recente şi previziuni pe termen lung legate de adoptarea maşinilor electrice, vezi Insideevs, https://insideevs.com/news/343998/monthly-plug-in-ev-sales-scorecard/; J.P. Morgan Asset Management, Energy Outlook 2018: Pascal's Wager (New York: J.P. Morgan, 2018), pp. 10-15.

11. Bloomberg NEF, Electric Vehicle Outlook 2019.

12. Michel de Nostredame şi-a publicat profeţiile în 1555, iar de-atunci adevăraţii credincioşi le-au tot citit şi interpretat. Cât despre format, ei au acum la dispoziţie o gamă largă de versiuni, de la facsimile în coperte scumpe la exemplare pentru Kindle.

13. H. Von Foerster et al., „Doomsday: Friday, 13 November, A.D. 2026”, Science 132 (1960), pp. 1291-1295.

14. P. Ehrlich, The Population Bomb (New York: Ballantine Books, 1968), p. xi; R.L. Heilbroner, An Inquiry into the Human Prospect (New York: W.W. Norton, 1975), p. 154.

15. Calculată pe baza datelor din lucrarea ONU: World Population Prospects 2019.

16. Presupunând proiecţia mediană din lucrarea ONU: World Population Prospects 2019.

17. V. Smil, „Peak oil: A catastrophist cult and complex realities”, World Watch 19 (2006), pp. 22-24; V. Smil, „Peak oil: A retrospective”, IEES Spectrum (mai 2020), pp. 202-221.

18. R.C. Duncan, „The Olduvai theory: Sliding towards the post-industrial age” (1996), http://dieoff.org/page125.

19. Pentru date privind malnutriţia, vezi raportările anuale ale FAO. Ultima versiune publicată este: The State of Food Security and Nutrition, http://www.fao.org/3/ca5162en/ca5162en.pdf. Pentru rezervele de alimente, vezi: http://www.tao.org/faostat/en/#data/FB S.

20. Calculat pe baza http://www.fao.org/faostat/en/#data/.

21. Date preluate din British Petroleum, Statistical Review of World Energy.

22. Date preluate din S. Krikorian, „Preliminary nuclear power facts and figures for 2019”, International Atomic Energy Agency (ianuarie 2020), https://www.iaea.org/newscenter/news/preliminary-nuclear-power-facts-and-figures-for-2019.

23. M.B. Schifter, Spectacular Flops: Game-Changing Technologies That Tailed (Clinton Corners, NY: Eliot Werner Publications, 2019), pp. 157 – 175.

24. S. Kaufman, Project Plowshare: The Peaceful Use of Nuclear Explosives in Cold War America (Ithaca, NY: Cornell University Press, 2013); A.C. Noble, „The Wagon Wheel Project”, WyoHistory (noiembrie 2014), http://www.wyohistory.org/essays/wagon-wheel-project.

25. Despre restrângerea nişei climatice: C. Xu et al., „Future of the human climate niche”, Proceedings of the National Academy of Sciences 117/21 (2010), pp. 11350-11355. Migrații: A. Lustgarten, „How climate migration will reshape America”, The New York Times (20 decembrie 2020). Scăderea veniturilor: M. Burke et al., „Global non-linear effect of temperature on economic production”, Nature 527 (2015), pp. 235–239. Profeția lui Thunberg: A. Doyle, „Thunberg says only «eight years left» to avert 1.5°C warming”, Climate Change News (ianuarie 2020), https://www.climatechangenews.com/2020/01/21/thunberg-says-eight-years-left-avert-1-5c-warming/.

26. Această predilecție pentru profeții catastrofice este probabil cel mai bine explicată prin tendința spre negativism a oamenilor: D. Kahneman, Thinking Fast and Slow (New York: Farrar, Straus and Giroux, 2011); ONU, „Only 11

years left to prevent irreversible damage from climate change, speakers warn during General Assembly high-level meeting” (martie 2019), https://www.un.org/press/en/2019/ga12131.doc.htm. P.J. Spielmann, „UN predicts disaster if global warming not checked”, AP News (iunie 1989), https://apnews.com/bd45c372caf118ec99964ea547880cd0.

27. FII Institute, A Sustainable Future is Within Our Grasp, https://fii-institute.org/en/downloads/FIII_Impact_Sustainability_2020.pdf; J.M. Greer, Apocalypse Not! (Hoboken, NJ: Viva Editions, 2011); M. Shellenberger, Apocalypse Never: Why Environmental Alarmism Hurts Us All (New York: Harper, 2020).

28. V. Smil, „Perils of long-range energy forecasting: Reflections on looking far ahead”, Technological Forecasting and Social Change 65 (2000), pp. 251-264.

29. Organizația pentru Alimentație şi Agricultură (FAO), Yield Gap Analysis of Field Crops: Methods and Case Studies (Rome: FAO, 2015).

30. Țesuturile lor sunt alcătuite în proporție de 95% din apă şi conțin cantități neglijabile (sau nule) din doi macronutrienți esențiali: proteine şi lipide alimentare.

31. Costurile sale materiale (oțel, materiale plastice, sticlă) şi energetice (încălzire, iluminat, aer condiționat) ar fi cu adevărat astronomice.

32. Pentru costurile energetice ale materialelor, vezi Smil, Making the Modern World. Pentru costurile energetice minime ale oțelului, vezi J.R. Fruehan et al., Theoretical

Minimum Energies to Produce Steel for Selected Conditions (Columbia, MD: Energetics, 2000).

33. FAO, „Fertilizers by nutrient” (accesat 2020), http://www.fao.org/faostat/en/#data/RFN.

34. Date preluate din Smil, Energy Transitions.

35. Calculat pe baza datelor din British Petroleum, Statistical Review of World Energy.

36. Pentru o privire asupra fascinantelor discuții legate de erorile de categorisire, vezi O. Magidor, Category Mistakes (Oxford: Oxford University Press, 2013); W. Kastainer, „Genealogy of a category mistake: A critical intellectual history of the cultural trauma metaphor”, Rethinking History 8 (2004), pp. 193-221.

37. Pentru originile acestor invenții fundamentale, vezi Smil, Transforming the Twentieth Century.

38. Smil, Prime Movers of Globalization.

39. A. Etigler, „A guide to healthy skepticism of artificial intelligence and coronavirus” (Washington, DC: Brookings Institution, 2020).

40. „CRISPR: Your guide to the gene editing revolution”, New Scientist, https://www.newscientist.com/round-up/crispr-gene-editing/.

41. Y.N. Harari, Homo Deus (New York: Harper, 2018); D. Berlinski, „Godzooks”, Inference 3/4 (februarie 2018).

42. E. Trognotti, „Lessons from the history of quarantine, from plague to influenza”, Emerging Infectious Diseases 19 (2013), pp. 254-259.

43. S. Crawford, „The Next Generation of Wireless – «5G» – Is All Hype”, Wired (august 2016), https://www.wired.com/2016/08/the-next-generation-of-wireless-5g-is-all-hype/.

44. „Lack of medical supplies «a national shame»”, BBC News (martie 2020); L. Lee şi K.N. Das, „Virus fight at risk as world's medical glove capital struggles with lockdown”, Reuters (martie 2020); L. Peek, „Trump must cut our dependence on Chinese drugs – whatever it takes”, The Hill (martie 2020).

45. Costurile finale ale pandemiei din 2020 nu vor fi cunoscute ani de-a rândul, dar nu încape îndoială în privința ordinului de mărime: multe bilioane de dolari. În 2019, produsul economic mondial era aproape de 90 de bilioane şi, prin urmare, e nevoie de un declin de doar câteva procente ca să împingă costurile în domeniul bilioanelor.

46. Dar nu putem face nicio judecată finală până când nu obținem o evaluare restrospectivă finală la nivel mondial a costurilor pandemice.

47. J.K. Taubenberger et al., „The 1918 influenza pandemic: 100 years of questions answered and unanswered”, Science Translational Medicine 11/502 (iulie 2019), eaau5485; Morens et al., „Predominant role of bacterial pneumonia as a cause of death in pandemic influenza: Implications for pandemic influenza preparedness”, Journal oj Infectious Disease 198 (2008), pp. 962-970.

48. „The 2008 financial crisis explained”, History Extra (2020), https://www.historyextra.com/period/modern/financial-crisis-crash-explained-facts-causes/.

49. Cele mai mari nave de croazieră pot primi în zilele noastre peste 6 000 de pasageri, la care se adaugă şi echipajul (30 – 35% în plus). Marine Insight, „Top 10 Largest Cruise Ships in 2020”, https://www.marineinsight.com/know-more/top-io-largest-cruise-ships-2017/.

50. R.L. Zijdeman şi F.R. de Silva, „Life expectancy since 1820”, în J.L. van Zanden et al., editori, How Was Life? Global Well-Being since 1820 (Paris: OECD, 2014), pp. 101-116.

51. Aceste mortalităţi în exces pot fi văzute pe site-urile de internet actualizate în mod regulat de European Mortality Monitoring (https://www.euromomo.eu/), pentru ţările UE, şi Centers for Disease Control (https://www.cdc.gov/nchs/nvss/vsrr/covid19/excess_deaths.htm) pentru SUA.

52. Proiecţii detaliate privind populaţia după criterii de vârstă pentru toate ţările şi regiunile lumii sunt disponibile la: https://population.un.org/wpp/Download/Standard/Population/.

53. American Cancer Society, „Survival Rates for Childhood Leukemias/’’https://www.cancer.org/cancer/leukemia-in-children/detection-diagnosis-staging/survival-rates.html.

54. US Department of Defense, Narrative Summaries of Accidents Involving U.S. Nuclear Weapons 1950-1980 (1980), https://nsarchive.fUes.wordpress.com/2010/04/635.pdf; S. Shuster, „Stanislav Petrov, the Russian officer who averted a nuclear war, feared history repeating itself”, Time (19 septembrie 2017).

55. Cea mai detaliată relatare a dezastrului (incluzând cinci volume tehnice) este: Agenția Internațională pentru Energie Atomică, The Fukushima Daiichi Accident (Viena: IAEA, 2015). Parlamentul Japoniei a dat publicității raportul său oficial: The Official Report of the Fukushima Nuclear Accident Independent Investigation Commission, https://www.nirs.org/wp-content/uploads/fukushima/naiic_report.pdf.

56. Pentru anunțurile oficiale ale companiei Boeing, vezi actualizările privind 737 MAX la https://www.boeing.com/737-max-updates/en-ca/737MAX. Pentru evaluări critice, vezi, printre mulți alții: D. Campbell, „Red-line”, The Verge (mai 2019); D. Campbell, „The ancient computers on Boeing 737 MAX are holding up a fix”, The Verge (aprilie 2020).

57. În 2018, cotele-parte din emisiile de CO2 la nivel mondial au fost după cum urmează: cel mai mare emițător (China), foarte aproape de 30%; primii doi emițători (China și SUA) puțin peste 43%; primii cinci emițători (China, SUA, India, Rusia, Japonia) 51%; primii 10 (se adaugă Germania, Iran, Coreea de Sud, Arabia Saudită și Canada) aproape exact două treimi: Olivier and Peters, Global CO2 emissions from fossil fuel use and cement production per country, 1970-2018.

58. Această necesitate a unui angajament pe termen foarte lung diminuează și mai mult probabilitatea ca actori disparați cum sunt China, SUA, India sau Arabia Saudită să își dea acordul asupra unui mod de a proceda general acceptabil și durabil.

59. Evaluarea clasică a lui Ramsey este fără echivoc: „Se presupune că nu vom prețui mai puțin plăcerile din viitor în

comparație cu cele mai apropiate în timp, o practică ce nu poate fi argumentată etic şi ia naştere doar dintr-o sărăcie a imaginației". F.P. Ramsey, „A mathematical theory of saving", The Economic Journal 38 (1928), p. 543. Bineînțeles, o poziție atât de inflexibilă este de-a dreptul nepractică.

60. C. Tebaldi şi P. Friedlingstein, „Delayed detection of climate mitigation benefits due to climate inertia and variability", Proceedings of the National Academy of Sciences no (2013), pp. 17229-17234; J. Marotzke, „Quantifying the irreducible uncertainty in near-term climate projections", Wiley Interdisciplinary Review: Climate Change 10 (2018), pp. 1 – 12; B.H. Samset et al., „Delayed emergence of a global temperature response after emission mitigation", Nature Communications 11 (2020), article 3261.

61. P.T. Brown et al., „Break-even year: a concept for understanding intergenerational trade-offs in climate change mitigation policy", Environmental Research Communications 2 (2020), 095002. Folosind acelaşi model, Ken Caldeira a calculat rata internă de rentabilitate a creşterii investițiilor destinate diminuării emisiilor (aşa cum se prevede în multe obiective naționale formulate recent) până la valoarea zero pentru carbon până în 2050 şi data de începere a rentabilității pozitive (când valoarea daunelor climatice evitate depăşeşte cheltuielile cu diminuarea emisiilor): rata este de circa 2,7%, iar rentabilitatea pozitivă nu va veni decât la începutul secolului următor.

62. Prognoza superioară: United Nations, World Population Prospects 2019. Prognoza inferioară: S.E. Vollset et al., „Fertility, mortality, migration, and population scenarios for 195 countries and territories from 2017 to 2100: a

forecasting analysis for the Global Burden of Disease Study”, The Lancet (14 iulie 2020).

Anexă: Să înţelegem cifrele: Ordine de mărime

1. M.M.M. Mazzocco et al., „Preschoolers’ precision of the approximate number system predicts later school mathematics performance”, PLoS ONE 6/9 (2011), e23749.

2. United States Census, HINC-01. Selected Characteristics of Households by Total Money Income (2019), https://www.census.gov/data/tables/time-series/demo/income-poverty/cps-hinc/hinc-01.html; Credit Suisse, Global Wealth Report (2019), https://www.credit-suisse.com/about-us/en/reports-research/global-wealth-report.html; J. Ponciano, „Winners/Losers: The world’s 25 richest billionaires have gained nearly $255 billion in just two months”, Forbes (23 mai 2020).

3. V. Smil, „Animals vs. artifacts: Which are more diverse?” Spectrum IEEE (august 2019), p. 21.

4. Puterea motoarelor primare este analizată în V. Smil, Energy in Civilization: A History (Cambridge, MA: MIT Press, 2017), pp. 130-146.

Mulţumiri

Îi mulțumesc lui Connor Brown, editorul meu londonez, pentru că mi-a oferit încă un prilej de a scrie o lucrare

amplă şi fiului meu, David (de la Institutul de Cercetări Oncologice din Ontario) pentru că a fost primul ei cititor şi critic.